



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA



FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL NO BRASIL

SONALY DUARTE DE OLIVEIRA

Campina Grande, PB

2015

SONALY DUARTE DE OLIVEIRA

FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL NO BRASIL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutora em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva

Linha de Pesquisa: Agrometeorologia

Campina Grande - PB

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- O48f Oliveira, Sonaly Duarte de.
 Fluxo de água virtual no Brasil / Sonaly Duarte de Oliveira. –
 Campina Grande, 2015.
 158 f.: il. color.
- Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de
 Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2015.
- "Orientação: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva".
 Referências.
1. Pegada Hídrica. 2. Exportação e Importação. 3.
 Mercadoria. I. Silva, Vicente de Paulo Rodrigues da. II. Título.

CDU 556.18(043)

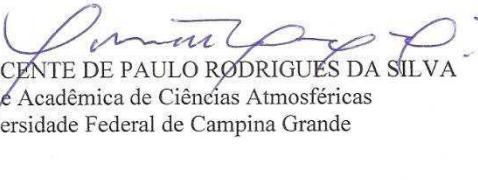
SONALY DUARTE DE OLIVEIRA


SONALY DUARTE DE OLIVEIRA


FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL NO BRASIL


TESE APROVADA EM 07/08/2015

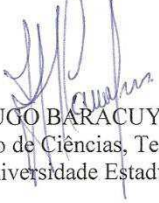
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. VICENTE DE PAULO RODRIGUES DA SILVA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dra. CELIA CAMPOS BRAGA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. LINCOLN ELÓI DE ARAÚJO
Departamento de Engenharia e Meio Ambiente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. JOÃO HUGO BARACUY DA CUNHA CAMPOS
Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde
Universidade Estadual da Paraíba

Dedico este trabalho aos meus pais
Miriam Duarte e Antônio
Armando, bem como ao meu filho
Gleison Duarte e ao meu esposo,
Edgar de Sousa.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades em todos os momentos da minha vida.

A Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, pela oportunidade de fazer o curso e seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, pela confiança no mérito e ética aqui presentes.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por ter disponibilizado a bolsa de estudos para a realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, pela oportunidade, apoio, amizade e confiança na elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento, não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Agradeço a minha mãe Miriam Duarte de Oliveira, heroína que me deu apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

A meu filho Gleison Duarte de Oliveira Andrade, bem como ao meu marido Edgar de Sousa, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Meus agradecimentos a todos os amigos, em especial Edicarlos Pereira, Francineide Amorim e Alexandra Braga, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com toda certeza.

Aos meus irmãos e sobrinhos, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação - o meu muito obrigado.

“Desconfie do destino e acredite em você. Gaste horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu”

Sarah Westphal

FLUXO DE ÁGUA VIRTUAL NO BRASIL

Resumo: A escassez da água para consumo humano tem aumentado em proporções alarmantes em todo o mundo. Com o aumento significativo da população, e de suas necessidades de água, iniciou a preocupação com uma possível falta do recurso, fomentando ações em face ao uso racional dos recursos hídricos. A melhoria da gestão da água desempenha um papel vital no aumento da produção de alimentos e redução da insegurança alimentar, é neste contexto que surgem os conceitos de água virtual e de pegada hídrica que pretendem, simultaneamente, dar conta de dimensões do uso da água habitualmente ignoradas e comunicar de forma eficaz e objetiva o consumo efetivo necessário para a obtenção de um produto. O objetivo deste trabalho é determinar a pegada hídrica total do consumo nacional, o fluxo de água virtual das principais *commodities* consumidas pelo brasileiro, bem como os índices de autossuficiência, dependência e escassez de água para as 27 *commodities* analisadas no estudo, de cada estado da federação e do país. O valor médio da pegada hídrica do brasileiro calculada neste estudo foi de 1619 m³/hab/ano, sendo a carne bovina a *commodity* com maior contribuição (21%) do total da pegada hídrica do consumo nacional. A região Nordeste é a que possui o maior volume de importação líquida de água virtual para o grupo de *commodities* agrícola com 2,38 Gm³/ano, apresentando uma importação líquida também para o grupo pecuário. Por outro lado, é a segunda região com maior volume de exportação líquida de água virtual para os produtos industriais com 2,24 Gm³/ano, atrás apenas da região Sudeste. Os índices utilizados na pesquisa indicam que o Brasil não é autossuficiente em todas as *commodities* analisadas neste estudo, entretanto para os setores agrícola, industrial e pecuário apresentou saldos positivos indicando independência dos recursos hídricos externos. Os resultados ainda indicam que o Brasil é um país exportador de água virtual com um saldo de 54,8 m³/ano, principalmente para o continente europeu que detém 41,28% de toda água virtual exportada do Brasil.

Palavras-chave: Pegada hídrica, exportação e importação, mercadoria

VIRTUAL WATER FLOW IN BRAZIL

Abstract: The scarcity of water for human consumption has increased at an alarming rate worldwide. With the significant increase in population, and their water needs, it began to concern about a possible shortage of the resource, promoting actions in the face of rational use of water resources. The improved water management plays a vital role in increasing food production and reducing food insecurity, it is in this context that come the concepts of virtual water and water footprint who want both to use the dimensions of the water bill usually ignored and communicate effectively and objectively the actual consumption required to obtain a product. The objective of this study is to determine the water footprint of national consumption, the virtual water flow of the main commodities consumed by the Brazilian people and water scarcity, water self-sufficiency and water dependency indexes for the 27 commodities analyzed in this study, as well as for each state and country. The average Brazilian water footprint is 1,619 m³/person/year. The beef cattle commodity had largest contribution (21%) of the total water footprint of national consumption. The Northeast region is the one with the largest volume of net import of virtual water for the group of agricultural commodities with Gm³ 2.38 / year, with a net import also for the livestock group. On the other hand, it is the second region with the highest volume of net export of virtual water for industrial goods with Gm³ 2.24 / year, second only to the Southeast. The indexes used in the survey indicate that Brazil is not self-sufficient in all commodities analyzed in this study, however for the agricultural, industrial and livestock sectors showed positive balances indicating independence of the external water resources. The results also indicate that Brazil is exporter of virtual water with a balance of 54.8 m³/year, mainly for the European continent which respond by 41.28% of the total virtual water exports from Brazil.

Keywords: Water footprint, export and import, commodities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Passos para o cálculo do fluxo global de água virtual.....	37
Figura 2	Esquema da contabilização da pegada hídrica nacional.....	39
Figura 3	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> milho.....	43
Figura 4	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> trigo.....	46
Figura 5	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> café.....	49
Figura 6	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> arroz.....	52
Figura 7	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> feijão.....	56
Figura 8	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> açúcar.....	60
Figura 9	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> centeio.....	63
Figura 10	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> cevada.....	65
Figura 11	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> carne bovina.....	68
Figura 12	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> carne suína.....	71
Figura 13	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> carne de frango.....	74
Figura 14	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> banana.....	77
Figura 15	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> laranja.....	80
Figura 16	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> maçã.....	83

Figura 17	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> uva.....	87
Figura 18	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> pera.....	90
Figura 19	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> tomate.....	93
Figura 20	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> cebola.....	96
Figura 21	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> batata inglesa.....	99
Figura 22	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> mandioca.....	102
Figura 23	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> alho.....	105
Figura 24	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> hortícolas.....	108
Figura 25	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> leite.....	111
Figura 26	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> queijo.....	114
Figura 27	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> manteiga.....	117
Figura 28	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> ovos de galinha.....	120
Figura 29	Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m ³ /ano) da <i>commodity</i> óleo de girassol.....	123
Figura 30	Fluxo de água virtual (m ³ /ano) do Brasil para os principais países das <i>commodities</i> analisadas neste estudo.....	128
Figura 31	Fluxo de água virtual (m ³ /ano) dos principais países para o Brasil das <i>commodities</i> analisadas neste estudo.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Volume de água consumido por quantidade de produto para o Brasil.....	33
Tabela 2	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> milho....	44
Tabela 3	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> trigo.....	47
Tabela 4	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> café.....	50
Tabela 5	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> arroz.....	54
Tabela 6	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> feijão....	58
Tabela 7	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> açúcar...	61
Tabela 8	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> centeio..	62
Tabela 9	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> cevada.....	66
Tabela 10	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> carne bovina.....	69
Tabela 11	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> carne suína.....	72
Tabela 12	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> carne de frango.....	75
Tabela 13	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> banana.....	78
Tabela 14	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> laranja.....	81
Tabela 15	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> maçã.....	85
Tabela 16	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> uva.....	88
Tabela 17	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> pêra.....	91
Tabela 18	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> tomate.....	94
Tabela 19	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> cebola.....	97

Tabela 20	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> batata inglesa.....	100
Tabela 21	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> mandioca.....	103
Tabela 22	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> alho.....	106
Tabela 23	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> hortícolas.....	109
Tabela 24	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> leite.....	112
Tabela 25	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> queijo.....	115
Tabela 26	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> manteiga.....	118
Tabela 27	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> ovos de galinha.....	121
Tabela 28	Países importadores e exportadores de água virtual da <i>commodity</i> óleo de girassol.....	124
Tabela 29	Índice de autossuficiência das <i>commodities</i> analisadas neste estudo por estado e Brasil.....	132
Tabela 30	Índice de dependência das <i>commodities</i> analisadas neste estudo por estado e Brasil.....	133
Tabela 31	Índice de escassez, dependência e autossuficiência de água para cada estado do Brasil	134
Tabela 32	Balanço da exportação líquida de água virtual dos grupos de <i>commodities</i>	138
Tabela 33	Balanço da exportação líquida de água virtual dos grupos de <i>commodities</i> entre os Estados.....	140
Tabela 34	Dados da pegada hídrica, exportação, importação e consumo nacional das <i>commodities</i> analisadas neste estudo.....	141
Tabela 35	Valores totais dos cinco parâmetros em estudo.....	142

LISTA DE SIGLAS

ABPA - Associação Brasileira da Batata

ANA - Agência Nacional de Águas

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes

BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul

DERAL - Departamento de Economia Rural

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz

SECEX - Secretaria de Comercio Exterior

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDIC - Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

UNFPA – Fundo de População das Nações Unidas

WBSCD - Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

WWC – World Water Council

WWF – World Wide Fund for Nature

WCED – World Comissiono n Environment and Development

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. A disponibilidade de água no mundo.....	19
2.2. O consumo de água no mundo.....	21
2.3. O consumo de água no Brasil.....	22
2.4. Água virtual.....	22
2.5. O comércio virtual da água.....	25
2.6. A pegada hídrica.....	26
2.6.1. Tipos de pegadas hídricas.....	29
2.6.1.1. Pegada hídrica direta e indireta.....	29
2.6.1.2. Pegada hídrica Pegada hídrica interna e externa	29
2.6.1.3. Pegada hídrica azul.....	29
2.6.1.4. Pegada hídrica verde.....	30
2.6.1.5. Pegada hídrica cinza.....	30
2.6.2. Pegada hídrica de um produto.....	31
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. Dados utilizados.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1. Fluxo de água virtual da commodity milho no Brasil.....	42
4.2. Fluxo de água virtual da commodity trigo no Brasil.....	45
4.3. Fluxo de água virtual da commodity café no Brasil.....	48
4.4. Fluxo de água virtual da commodity arroz no Brasil.....	51
4.5. Fluxo de água virtual da commodity feijão no Brasil.....	55
4.6. Fluxo de água virtual da commodity açúcar no Brasil.....	59
4.7. Fluxo de água virtual da commodity centeio no Brasil.....	62
4.8. Fluxo de água virtual da commodity cevada no Brasil.....	64

4.9. Fluxo de água virtual da commodity carne bovina no Brasil.....	67
4.10. Fluxo de água virtual da commodity carne suína no Brasil.....	70
4.11. Fluxo de água virtual da commodity carne de frango no Brasil.....	73
4.12. Fluxo de água virtual da commodity banana no Brasil.....	76
4.13. Fluxo de água virtual da commodity laranja no Brasil.....	79
4.14. Fluxo de água virtual da commodity maçã no Brasil.....	82
4.15. Fluxo de água virtual da commodity uva no Brasil.....	86
4.16. Fluxo de água virtual da commodity pêra no Brasil.....	89
4.17. Fluxo de água virtual da commodity tomate no Brasil.....	92
4.18. Fluxo de água virtual da commodity cebola no Brasil.....	95
4.19. Fluxo de água virtual da commodity batata inglesa no Brasil.....	98
4.20. Fluxo de água virtual da commodity mandioca no Brasil.....	101
4.21. Fluxo de água virtual da commodity alho no Brasil.....	104
4.22. Fluxo de água virtual da commodity hortícolas no Brasil.....	107
4.23. Fluxo de água virtual da commodity leite no Brasil.....	110
4.24. Fluxo de água virtual da commodity queijo no Brasil.....	113
4.25. Fluxo de água virtual da commodity manteiga no Brasil.....	116
4.26. Fluxo de água virtual da commodity ovos de galinha no Brasil.....	119
4.27. Fluxo de água virtual da commodity óleo de girassol no Brasil.....	122
4.28. Fluxo de água virtual do Brasil para os principais países importadores das <i>commodities</i> analisadas neste estudo de água virtual da commodity ovos de galinha no Brasil.....	125
4.29. Fluxo de água virtual do Brasil para os principais países importadores das <i>commodities</i> analisadas neste estudo.....	129
5. CONCLUSÕES.....	144
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXO I.....	157

1. INTRODUÇÃO

A água como um recurso natural é vital para a manutenção dos ciclos biológico, hidrológico, geológico e químico, além de ser um insumo indispensável à produção e ao desenvolvimento econômico. Em escala global, estima-se que 1,386 bilhões de km³ de água estejam disponíveis, porém a parte de água doce econômica, de fácil aproveitamento para satisfazer as necessidades humanas, é de aproximadamente 14 mil km³ano⁻¹(Paz et al., 2000). A distribuição dos volumes estocados nos principais reservatórios de água mostra que 97,5% do volume total de água do planeta formam os oceanos e somente 2,5% são de água doce. Entretanto, 68,9% dessa água doce forma as calotas polares e as geleiras, 29,9% constituem as águas subterrâneas, 0,9% são relativa à umidade dos solos e pântanos e apenas 0,3% são relativas aos rios e lagos. Portanto, a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima, comparada com a quantidade total de água existente no planeta.

Segundo Branco (2006) a concepção do homem do ponto de vista dos recursos hídricos é que eram inesgotáveis e que não precisaria um uso racional. Essa concepção nasceu de um cenário de utilização reduzido das pequenas comunidades existentes do início de nossa civilização. Com o aumento significativo da população, e de suas necessidades de água, iniciou à preocupação com uma possível falta do recurso, fomentando ações em face ao uso racional dos recursos hídricos. O setor agrícola é o que mais contribui para a redução da disponibilidade dos recursos hídricos, pois é responsável por 65% do consumo, em média, de água doce. Para produzir a quantidade de alimentos necessária a uma pessoa, por dia, são utilizados de 2 a 5 mil litros de água (Gomes, 2009). Ainda segundo o autor, com uma população mundial estimada em 9 bilhões de habitantes para o ano de 2050, o setor agrícola terá um grande desafio no futuro próximo na busca de técnicas e procedimentos de manejo e uso racional e sustentável dos recursos hídricos.

Segundo Beux et al. (2013), as bacias localizadas em regiões de baixa disponibilidade hídrica e grande consumo passam por situações de escassez e de estresse hídrico, o que torna imprescindível que intensas atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos sejam desenvolvidas.

A escassez da água para consumo humano tem aumentado em proporções alarmantes em todo o mundo. As causas da escassez estão associadas ao crescimento populacional, à produção de alimentos, à pobreza e à gestão dos recursos hídricos (Rebouças, 2002). À medida que aumenta a insegurança hídrica, cresce também o medo em relação à capacidade de produzir alimentos suficientes para alimentar o mundo. Dessa maneira, a preocupação com o uso

eficiente da água torna-se cada vez mais relevante, seja ao nível dos países, das organizações e das famílias. É neste contexto que surgem os conceitos de “água virtual” e de “pegada hídrica” que pretendem, simultaneamente, dar conta de dimensões do uso da água habitualmente ignoradas e comunicar de forma eficaz e objetiva o consumo efetivo necessário para a obtenção de um produto, a atividade de uma organização ou o funcionamento de uma economia. Hoekstra & Chapagain (2008) descrevem que o conceito de pegada hídrica adiciona uma nova perspectiva em relação à escassez de água, a dependência da água, ao uso sustentável da água, bem como as implicações da gestão global do comércio virtual da água. Hoekstra (2003) afirma que a água virtual refere-se à quantia de água exigida na produção de um bem considerando o lugar onde ele será consumido. Silva et al. (2013) afirmam que o conceito de água virtual foi introduzido para descrever o volume total de água embutida nos produtos agrícolas sugerindo que as regiões pobres de água importam água contida nos produtos agrícolas.

A disponibilidade de terras cultiváveis e de recursos hídricos, além dos custos relativamente baixos de produção, faz com que o Brasil ocupe uma posição de destaque no cenário internacional (Carmo et al., 2007). Os impactos ambientais resultam em uma transferência de um recurso ambiental que o Brasil possui em grande quantidade, a água, para países que não possuem esse recurso. Por outro lado, o conhecimento da pegada hídrica e do fluxo de água virtual do Brasil pode ajudar no planejamento dos recursos hídricos do país. Esse tipo de estudo é ainda incipiente no Brasil, muito embora muitos países já tenham quantificado o volume de água importado e exportado e, dessa forma, estabelecido o balanço de água virtual. Dessa maneira, o presente estudo tem os seguintes objetivos:

Geral: Determinar a pegada hídrica e o fluxo de água virtual das principais *commodities* consumidas pelos brasileiros.

Específicos: (i) Quantificar a importação e exportação de água virtual das *commodities* para os principais países do mundo; (ii) Determinar os índices de dependência, autossuficiência e escassez de água de todos os estados brasileiros e do país para os setores agrícola, industrial e pecuário ; (iii) estabelecer o balanço de água virtual de cada estado brasileiro, região e do país.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A disponibilidade de água no mundo

As atividades que existem no mundo que não dependem da água são muito poucas, seja para o consumo humano, para a higiene, agricultura, produção de energia, fabricação de bens ou manutenção dos ecossistemas para manter o planeta em equilíbrio a água sempre está presente. Os relatórios da WWF (2014) afirmam que faz-se necessário uma melhor compreensão dos serviços que os ecossistemas prestam ao meio ambiente destacando o quanto a população depende do mundo natural. As florestas, por exemplo, fornecem abrigo, meios de subsistência, água, combustível e comida para 2 bilhões de pessoas diretamente, e ajudam a regular o clima em quase todo planeta. Os autores atestam ainda que os ecossistemas marinhos são uma importante fonte de proteína e suportam mais de 660 milhões de postos de trabalho no mundo, particularmente nos países em desenvolvimento. Portanto, ainda que não seja possível rotular um preço para a natureza, atribuindo-lhe um valor econômico é legítimo que se houver um esclarecimento de todos os serviços que prestam é mais uma maneira de transmitir o que se pode perder com o contínuo desperdício do capital natural.

De acordo com Mekonnen & Hoekstra (2012) a preocupação em reduzir a poluição do ar é geralmente reconhecida, mas a necessidade relacionada de reduzir o consumo de água é por vezes esquecido. Uma pesquisa recente realizada pelos autores mostrou que cerca de 4% do consumo de água pela humanidade refere-se ao uso da água em casa. Isto significa que economizar água em casa quando possível é certamente aconselhável, mas limitar as ações para redução de água em casa não é dos mais graves problemas de água no mundo. Por outro lado, a água na bacia do Murray-Darling na Austrália é escassa principalmente por causa do uso da água na agricultura irrigada (Pittock & Connell, 2010). O Aquífero Ogallala no Meio-Oeste americano está sendo gradualmente esgotado por causa de captações de água para a irrigação de culturas como o milho e o trigo (McGuire, 2007). Na Itália, as águas subterrâneas dos reservatórios do sul são exploradas, dentre outras finalidades, para o cultivo de trigo duro para fazer a massa (Aldaya & Hoekstra 2010).

De acordo com Paz et al. (2000) muitos países podem entrar em guerra por causa dos recursos hídricos, pois estudos indicam que o consumo mundial de água dobra a cada 20 anos. A crescente expansão demográfica e industrial nas últimas décadas tem comprometido as águas dos rios, lagos e reservatórios (Silveira e Guandique, 2006). Esse agravamento se justifica pela impossibilidade de aplicar medidas corretivas para reverter à situação. Nesse contexto, Barros

et al. (2008) alertam que a disponibilidade de água potável em todos os continentes tende a diminuir cada vez mais. Essa situação resulta em graves consequências não só ambientais como também econômicas e sociais. Isso é o que alerta o novo relatório da consultoria britânica de risco Maplecroft, que avaliou a pressão sobre a demanda de água em mais de 160 países. Ainda conforme a Maplecroft, o resultado preocupa, pois economias em crescimento como China e Índia, e até mesmo a maior do mundo, os Estados Unidos, são identificadas pela empresa de análise que esses países têm grandes regiões geográficas e setores da economia onde a demanda de água está superando a oferta. A situação tem o potencial de limitar o crescimento econômico, restringindo atividades empresariais e agrícolas.

Dados do Un-Water (2007) indicam três fatores principais que elevam a escassez de água: primeiro o fato do mundo se encontrar cada vez mais urbanizado, o que fará com que a procura de água se foque cada vez mais numa população concentrada; segundo o consumo doméstico per capita, espera-se um aumento nas próximas décadas à medida que o mundo se torna cada vez mais desenvolvido e o terceiro o aumento da pressão sobre os recursos de água potável, junta-se a alteração climática, a qual afeta as reservas de água disponíveis. Nesse aspecto, alguns países já se encontram em situação crítica em relação aos seus recursos hídricos: Israel, Jordânia, Kuwait, Arábia Saudita, Tunísia, Catar, Argélia e Egito (Chapagain & Hoekstra, 2004). Em todo o mundo, domina uma cultura de desperdício de água, pois ainda se acredita que ela é um recurso natural ilimitado, mas ao contrário do que parece, a água é um recurso natural finito. De acordo com Tundisi (2009), se a média de consumo global não diminuir, o cotidiano da população pode ser afetado drasticamente, inclusive no Brasil. Estudos realizados por Robin et al. (2005) alertam que o abastecimento de água no mundo está em crise, e ainda tende a piorar. A crise a que se referem pode ser de três tipos: (i) a escassez física quando os recursos hídricos não conseguem atender à demanda da população, o que ocorre em regiões áridas, como Kuwait, Emirados Árabes e Israel, ou em ilhas como a Bahamas; (ii) a escassez que assola, por exemplo, o Nordeste brasileiro e o continente africano; (iii) regiões ou países que vivem sob o risco de crises de abastecimento e de qualidade das águas pelo uso exagerado do recurso, tal como ocorre na Austrália, Espanha, Inglaterra, Estados Unidos e Japão.

Dados da UNFPA (2012) afirmam que a população do mundo está projetada para alcançar 9 bilhões de pessoas até 2050. Assim, problemas no abastecimento adequado de água, saneamento e drenagem vão aumentar nas áreas de favelas urbanas já confrontando com um atraso que já não é suprido pela população. Neste contexto, a UNDESA (2013a) afirma que a população total do mundo está crescendo em um ritmo mais rápido. Nesse sentido, estimativas

revisadas sugerem que a população mundial deve atingir 9,6 bilhões e viverão em regiões com escassez de água em 2050. Grande parte deste crescimento está ocorrendo em países menos desenvolvidos (UNDESA, 2013b).

2.2. O consumo de água no mundo

A água não é distribuída uniformemente em todo o globo, segundo a WBSCD (2005), pois menos de 10 países possuem 60% das águas doce disponível no mundo: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e República Democrática do Congo. No entanto, existe uma má distribuição dessas águas dentro dos países. Neste sentido, a UNDESA (2013b) relata que a população é desigualmente distribuída em todo o planeta: 233 países detêm 90% da população. Além disso, metade de todo o crescimento populacional futuro é prevista para ocorrer em apenas oito países: Nigéria, Índia, Tanzânia, República Democrática do Congo, Níger, Uganda, Etiópia e os EUA (UNDESA, 2013b). Desses países, a Nigéria vai experimentar o maior crescimento e é esperado para se tornar o terceiro país mais populoso do mundo em 2050, atrás da China e Índia. Segundo o estudo "Corrupção Global 2008: Corrupção no Setor de Água", elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e pela ONG Transparência Internacional, mais de um bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e 2,4 bilhões vivem sem saneamento básico.

O mesmo estudo revela que essa situação se deve mais a falhas de governança do que a escassez de recursos hídricos. Por outro lado, dados da ONU (2013) afirmam que atualmente 768 milhões de pessoas não têm acesso a fontes confiáveis de água no mundo. Em 2025, boa parte do planeta estará em situação de stress hídrico, ou seja, a água disponível não será suficiente para os diferentes usos que o homem faz do recurso, como a agricultura, que é a atividade que mais consome água. Estima-se que nessa época 3 bilhões de pessoas sofrerão com escassez de água (ONU, 2013). Dessa maneira, como a população não está distribuída uniformemente em todo o mundo, nem os recursos naturais ou sua utilização, coloca-se a questão em torno da capacidade individual dos países em manter a qualidade dos seus recursos naturais e em atender as necessidades das suas populações em crescimento no contexto padrão do consumo global. A carência de água pode ser, para muitos países, um dos fatores limitantes ao desenvolvimento, pois o modelo tecnológico até então elaborado com base na exploração indiscriminada dos recursos naturais está esgotado (Paz, et al., 2000).

2.3. O consumo de água no Brasil

O uso eficiente e sustentável da água doce na produção de alimentos é fundamental para se alcançar um abastecimento garantido e consciente para a população mundial. Embora seja considerado um país privilegiado em recursos hídricos, o Brasil não está em uma situação tranquila, pois já existem conflitos quanto à qualidade, quantidade e o déficit de oferta. Segundo Paz et al. (2000) existe no país um desperdício de água, estimado em 40%, por uso predatório e irracional, enquanto a escassez é cada vez mais grave na região Nordeste, onde a sobrevivência, a permanência da população e o desenvolvimento agrícola dependem essencialmente da oferta de água. O Brasil é o país mais rico em água potável, com 8% das reservas mundiais, concentrando 13% do potencial de água de superfície do planeta (Maia Neto, 1997). Devido a esses dados, junto à dimensão continental do país, sustenta-se a ideia de que o Brasil possuía recursos hídricos inesgotáveis, isto é, um consumo distante do advento da sustentabilidade e sem preocupação com a escassez. Estudos realizados por Gleick (2000) exibem que a retirada de água doce global aumentou quase sete vezes no século passado e esse valor deve crescer cada dia mais devido ao aumento populacional, bem como pelas diferentes mudanças de hábitos alimentares e de consumo. O aumento da demanda da água doce para o consumo humano e para a irrigação é outro problema que o mundo vem enfrentando atualmente (Perry, 2007).

O Brasil é um dos países mais ricos em água do planeta. Porém, tem uma distribuição muito desigual (Rebouças, 2003). Neste contexto a ANA (2013) confirma que apesar dos 13% das reservas de água doce do Brasil, há uma má distribuição dessas águas, pois 81% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor contingente populacional, cerca de 5% da população brasileira e, portanto, a menor demanda. Nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, que concentram 45,5% da população do país, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil. Ainda segundo a ANA (2013), enquanto as bacias hidrográficas localizadas em áreas com uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos podem enfrentar situações de escassez e estresse hídrico, outras se encontram em situação confortável, com o recurso em abundância.

2.4. Água virtual

Um conceito importante, mas que ainda tem sido pouco discutido no Brasil, foi proposto pelo professor britânico John Anthony Allan (1997, 1999) e é focado na quantidade de água

utilizada na produção de alimentos. A sua preocupação era oferecer uma forma de mensurar o impacto que as escolhas dos modos de produção na agropecuária podem ter nos ecossistemas que as suportam. O termo água virtual obteve mais repercussão quando o grupo liderado por A. Y. Hoekstra da University of Twente, na Holanda, e UNESCO-IHE Institute for Water Education realizaram um trabalho de identificação e quantificação dos fluxos de comércio de água virtual entre os países (Hoekstra & Hung, 2002), tornando o conceito operacional.

Para a produção de quase todos os produtos faz-se necessário o uso da água. Hoekstra & Hung (2002) definem água virtual como a água que é usada no processo de produção de um produto agrícola ou industrial. Outros conceitos sobre água virtual são definidos por Garrido (2008) que define água virtual como a quantidade de água utilizada desde o início da cadeia de relações intersetoriais até chegar ao produto final. Hoekstra (2003) afirma que a água virtual refere-se à quantidade de água exigida na produção de um bem considerando o lugar onde ele será consumido. Silva et al. (2013) entendem que a água virtual descreve o volume total de água embutida nos produtos agrícolas sugerindo que as regiões pobres de água importam água contida nos produtos agrícolas.

A contabilização da água virtual se relaciona com um importante contexto socioeconômico, o da água envolvida na produção de *commodities* destinada à exportação. Allan (2003) comenta que quando se exporta os produtos, há pouca transferência física direta de água e ocorre transferência para o país importador de significativa água virtual. Nesse contexto, os países importadores de água virtual recebe uma fonte de água alternativa externa. Segundo o MAPA (2012), o valor das exportações agrícolas no Brasil cresceu em média 17,1% entre 2006 e 2011. A produção anual de grãos aumentou 33% no mesmo período e a participação do agronegócio no PIB brasileiro foi de 22,7% em 2011. Nesta conjuntura da exportação de *commodities*, o Brasil envia por ano indiretamente para o exterior cerca de 112 Gm³/ano de água virtual bruta, (Hoekstra & Mekonnen, 2012). Esses dados colocam o país como o quarto maior exportador de água virtual do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia.

Vários estudos têm reconhecido a utilidade do conceito de água virtual para analisar padrões de produção e os fluxos de água associados (Dietzenbacher & Velázquez, 2007; Zeitoun et al., 2010). Carmo et al. (2007) afirmam que a água que é absorvida e comercializada entre nações através de seus produtos é mais do que uma realidade; esse comércio identifica e divide o que produzir de acordo com a quantidade de água disponível e necessária para a produção. Portanto, esse comércio pode equilibrar as nações e fornecer uma variedade de produtos aos países que sofrem com a escassez de água, visto que não poderiam produzi-los

com a quantidade de água neles existente sem prejuízo para o abastecimento da população. A função maior desse mecanismo, segundo Carmo et al. (2007), é a de possibilitar às diferentes localidades o comércio entre os que têm abundância ou escassez de recursos hídricos. Ainda de acordo com os autores, a produção de um mesmo bem pode demandar um volume de água diferente, dependendo das características climáticas locais, do rendimento e da produtividade da região, ou seja, dependendo do local onde for plantada determinada cultura a necessidade de água para sua produção será diferente, tanto por fatores climáticos como pela produtividade que envolve as características específicas.

Segundo Chapagain & Hoekstra (2004) são necessários 15.497 litros de água (média global) para a produção de 1kg de carne bovina. Para 1 kg de arroz demandam 2.291 litros (média global) e para uma calça jeans mais 10 mil litros de água. Esses são apenas alguns exemplos de como a quantidade de água de fato usada pelo ser humano não é apenas contabilizada no consumo doméstico. Dessa forma, se cada pessoa do planeta adotasse o padrão de consumo dos países desenvolvidos, precisaríamos de muito mais água. Só a produção de alimentos demandaria 75% a mais do recurso natural, de acordo com o relatório do Conselho Mundial da Água. A irrigação é um dos principais fatores responsáveis pela vazão efetivamente consumida no País, representando 72% do total (ANA, 2013). Portanto, a relação entre os recursos hídricos disponíveis e a capacidade de produzir alimentos existe. Países com pouca disponibilidade em água doce dependem da importação de alimentos, a fim de compensar a falta de capacidade de produção. Os grãos de cereais dominam a importação para a maioria dos países com escassez de água (Yang e Zehnder 2002). Por outro lado, Yang et al. (2003) sugerem que, com a forte correlação entre o volume de recursos de água doce disponíveis e a quantidade de importação de alimentos, é possível desenvolver um modelo para servir como um indicador de déficit de água. A partir de tal modelo, um limite poderia ser estabelecido que iria fornecer uma separação regional entre escassez e a autossuficiência. As regiões que se situam abaixo deste limiar faltariam água necessária para a produção local de alimentos e os grãos de cereais devem ser importados para compensar para o déficit hídrico.

O conceito de água virtual permite relacionar água, alimentos e comércio internacional. Hoekstra & Hung (2002) afirmam que o comércio global movimenta um volume anual de água virtual na ordem de 1000 a 1340 Mm³ por ano. Portanto, no comércio internacional de *commodities* agrícolas existe um fluxo de água virtual. Sendo importante quando são tratados os problemas de escassez de água e da segurança alimentar, pois o fluxo existente pode reduzir a necessidade de água para a produção nacional de alimentos ao importar produtos para países com relativa abundância de água. Diante deste fato, surgem três novos

índices criados por Allan (2003): escassez de água, dependência de água importada e autossuficiência de água. O índice de escassez de água é definido como a relação de uso de água total para a quantidade de água disponível. Valores de IEA próximos de 100 significam que o país vive uma situação de escassez, na medida em que a água utilizada se aproxima da água disponível. Quanto mais próximo de 1 melhor é a situação do país, pois ele utiliza um baixo valor em relação ao total de água disponível.

A dependência de água importada, segundo Hoekstra & Hung (2005), significa a relação de importação de água virtual de um país em sua água total. O índice varia entre 0 e 100%, ou seja, quando o valor estiver próximo de zero significa que importação de água virtual total e exportação estão em equilíbrio ou que há exportação de água virtual líquida. Já quando o cálculo estiver no outro extremo, 100%, expressa que a dependência da água de uma nação chega a cem por cento ocorre a total importação de água virtual. A autossuficiência de água mede a capacidade percentual da economia nacional possuir água suficiente para prover as necessidades de assegurar água para a população, água para indústrias, agricultura e serviços. A autossuficiência quando chega a 100% quer dizer que o país tem disponível em seu território toda a água necessária para os múltiplos usos. Por outro lado, quando o resultado estiver próximo de zero significa que ele depende totalmente da importação de água virtual.

Neste contexto, os trabalhos de Allan (1998, 2003) levantam a questão que é da possibilidade de produtos que necessitam de um grande volume de água possam ser exportadas de lugares com abundância em água para países com maior escassez de água. As importações líquidas de água aliviam a pressão sobre os recursos para os países com escassez (Allan, 2003). Wichelns (2004) corrobora com o autor quando comenta que países com escassez de água poderão assegurar a oferta de alimento aos seus cidadãos importando produtos que requerem muita água para a sua produção. O relatório da WWC (2003) reafirma que o comércio agrícola apresenta-se como o grande transferidor de águas entre as regiões. Dessa forma, com a importação de produtos que necessitam de muita água em sua produção, o país importador pode usar a água que seria gasta na produção desses produtos para outros fins.

2.5. O comércio virtual da água

O comércio de água virtual ocorre quando os produtos que empregam determinado volume de água são comercializados de um lugar para outro (Hoekstra & Hung, 2005; Chapagain & Hoekstra, 2008). Estudos realizados por Hoekstra & Hung (2002) mostram que o volume global de água virtual relacionando colheita e o comércio entre as nações foi 695

Gm³/ano em média, no período de 1995-1999. Para efeito de comparação: a retirada global da água para a agricultura (uso da água para irrigação) foi cerca de 2500 Gm³/ano em 1995 e 2600 Gm³/ano em 2000 (Shiklomanov, 1997; Hoekstra & Hung, 2002). Levando-se em conta a utilização da água da chuva pelas culturas, bem como, o uso total de água em culturas no mundo tem sido estimada em 5400 Gm³/ano (Rockström e Gordon, 2001; Hoekstra & Hung, 2002). Isso significa que 13% da água utilizada para produção agrícola no mundo não é utilizada para consumo interno, mas para exportação (em forma virtual). Esse é o percentual global e a situação varia fortemente entre os países. Considerando o período 1995-1999, a lista dos 5 países com a maior exportação de água virtual é a seguinte: Estados Unidos, Canadá, Tailândia, Argentina e Índia. Na lista dos 5 países em termos de importação de água virtual para o mesmo período encontram-se: Sri Lanka, Japão, Holanda, República da Coreia e China (Hoekstra & Hung, 2002). Segundo Mekonnen & Hoekstra (2011), 76% do comércio de água virtual estão relacionado à produção de vegetais e seus derivados e os produtos de origem animal e industrializados representam 12% cada.

2.6. A pegada hídrica

O conceito de Pegada Hídrica (PH) tem sido discutido principalmente em fóruns de recursos hídricos e de ciência política. Após o lançamento na reunião de peritos na Holanda, em 2002, o conceito de PH foi discutido posteriormente em várias reuniões internacionais de recursos hídricos, tal como no Fórum da Água, no Japão, em 2003 e na conferência sobre água virtual, organizada pelo Conselho Mundial de Água em 2003. A PH pode ser calculada para um indivíduo, comunidade e qualquer grupo definido de consumidores, incluindo uma família, vila, cidade, estado ou nação (Ma et al., 2006; Hoekstra & Chapagain, 2005). O conceito de pegada hídrica tem sido usado como indicador do consumo de água de pessoas e produtos em diversas partes do mundo, entretanto, no Brasil esse tema é pouco estudado (Silva et al., 2013).

O conceito de pegada hídrica (PH) foi introduzido em 2002 por Arjen Hoekstra na reunião de peritos internacionais sobre o comércio de água virtual realizada em Delf, Holanda. A PH das nações foi avaliada quantitativamente por Hoekstra & Hung (2002) e, posteriormente, de forma mais abrangente, por Hoekstra & Chapagain (2007). A determinação da PH é capaz de quantificar o consumo de água total ao longo da cadeia produtiva (Yu et al. 2010), mostrando-se como um indicador de sustentabilidade ambiental ao nível dos recursos hídricos e, como tal, inscreve-se num esforço global de procura de indicadores de orientação para o desenvolvimento sustentável. De acordo com a WCED (1987) o conceito de desenvolvimento

sustentável é aquele que o define como um processo evolutivo que permite às gerações presentes satisfazer as suas necessidades sem que com isso ponha em risco a possibilidade das gerações futuras virem a satisfazer as suas próprias necessidades. Neste sentido, para auxiliar a compreensão sobre esse tema se torna indispensável mencionar que a maior parte da água utilizada pelos seres humanos vem dos produtos que elas utilizam e não do consumo diário como a maioria pensa. Cabe destacar que nessa análise são levados em consideração os litros de água que são consumidos por todos, desde a utilização de 350 litros de água para produzir um litro de azeite ou de 80 litros para uma xícara de chá (Garrido, 2008).

Maracajá et al. (2012) afirmam que a sustentabilidade da PH está diretamente relacionada com a disponibilidade de água da região considerada, que pode variar entre cidades, estados e países. Dessa forma, países com escassez de água têm alto consumo de água virtual contida nos produtos importados por esse país. Assim, a produção de um mesmo produto pode demandar um volume de água diferente, dependendo das características climáticas locais, do rendimento e da produtividade desta região (Carmo et al., 2007).

De acordo com Silva et al. (2013) o uso da água doce tem uma relação fortíssima com os problemas de escassez e a poluição, fato que ocorre principalmente pelo uso de pesticidas na agricultura e pelos poluentes lançados no ar e na água, pelas indústrias. Os países e regiões que possuem água em abundância produzem bens para servir aqueles onde a água é escassa. Para Giacomini & Ohnuma (2012) esse sistema passa a representar um problema quando as regiões produtoras, por falta de mecanismos adequados de gestão de seus recursos hídricos, passam a explorá-los em um ritmo superior à capacidade de regeneração do ambiente local. Esses autores afirmam ainda que globalmente a água é poupada se produtos agrícolas são comercializados de regiões com alta produtividade e que requerem menos água para produção, para aquelas com baixa produtividade e que necessitam de muita água em sua produção. Neste sentido, se países importadores produzissem internamente todos os produtos agrícolas importados, isto exigiria 1600 Gm³/ano de água; no entanto, os produtos são produzidos com apenas 1200 Gm³/ano nos países exportadores, economizando recursos hídricos globais em aproximadamente 352 Gm³/ano (Chapagain & Hoekstra, 2004).

A PH global relacionada à produção agrícola e industrial e abastecimento doméstico de água para o período 1996-2005 foi de 9.087 Gm³/ano (Mekonnen & Hoekstra, 2011). Segundo Hoekstra & Mekonnen (2012) a agricultura é o setor com maior gasto de água, estima-se que para o período entre 1996 e 2005, ela responda por 92% do consumo de água total no planeta, superando de longe o volume gasto no setor industrial com 4,4% e o consumo doméstico com 3,6%. O tamanho da PH global é influenciado principalmente pelo consumo de

alimentos e outros produtos agrícolas. Chapagain et al. (2009), em estudos sobre uma metodologia da PH da cultura do tomate na Espanha, observaram a dependência de consumidores globais sobre os recursos hídricos escassos de outras regiões. Ainda segundo esses autores, o caráter local dos conteúdos de um produto de água virtual deve ser mais transparente através da cadeia de fornecimento, de modo a compreender melhor os impactos de consumo distante dos recursos hídricos locais. Estudos realizados por Maracajá et al. (2012) ressaltam que os impactos referentes à exploração dos recursos hídricos em termos de quantidade ou qualidade devem ser compreendidos por meio de uma análise dos impactos causados, sendo eles avaliados de acordo com seu caráter primário ou secundário, como os impactos primários entende-se que são aqueles que vão comprometer os requisitos de fluxos ambientais, isto é, os fluxos fluviais sustentáveis para os ecossistemas e para a vida humana ou para os padrões de qualidade do ambiente da água. Os impactos secundários podem incluir ausência de água potável, perda de biodiversidade e de outros fatores ecológicos, econômicos, sociais e ambientais (Sapiro, 2011).

Para que seja reduzida a PH, primeiro se deve adotar técnicas de produção que exijam uma menor quantidade de água doce por unidade de produto (Maracajá et al., 2012). Por outro lado, de acordo com os autores, em se tratando da agricultura, devem ser aplicadas novas técnicas para captação da água da chuva e de irrigação suplementar. Outra maneira de reduzir a PH seria uma mudança nos padrões de consumo da população, optando por produtos que exijam uma menor quantidade de água. Estudos realizados por Hoekstra & Mekonnen (2012) afirmam que aproximadamente 27% da PH da humanidade está relacionada com a fabricação de produtos de origem animal e apenas 4% da pegada hídrica se relaciona com o uso da água em casa. Portanto, um dos fatores para a redução da sua pegada hídrica é rever criteriosamente os hábitos alimentares além do uso da água na cozinha, banheiro e jardim, por exemplo. Mekonnen & Hoekstra (2010) mostraram que a PH de qualquer produto de origem animal é maior do que a PH de um produto agrícola, comparando-se com valor nutricional equivalente. Ercin et al. (2011) ilustram isso comparando a PH de dois produtos de soja com dois produtos de origem animal equivalentes. Chegando a valores de 1 litro de leite de soja produzido na Bélgica tinha uma PH de aproximadamente 300 litros de água, enquanto que a PH de 1 litro de leite de vaca era 3 vezes maior. Outro exemplo que ilustra bem esta situação são os valores encontrados na PH de um hambúrguer de soja de 150 g produzido na Holanda que consome cerca de 160 L de água, enquanto que a PH média de um hambúrguer de carne de 150 g é quase 15 vezes maior.

2.6.1 Tipos de pegadas hídricas

2.6.1.1. Pegada hídrica direta e indireta

A pegada hídrica direta baseia-se na utilização da água em casa ou no consumo doméstico e a pegada hídrica indireta é a água utilizada nas cadeias de produção e abastecimento de bens e serviços (Hoekstra et al. 2011). Geralmente, segundo Silva et al. (2013) a pegada hídrica indireta é superior à pegada hídrica direta. Mas, por ser “invisível”, é negligenciada. A maior parcela da pegada hídrica de um consumidor está associada aos produtos consumidos por ele e não tanto na água utilizada em casa.

2.6.1.2. Pegada hídrica interna e externa

Tentando propiciar um melhor entendimento sobre a origem da água utilizada em determinado país ou região, a pegada hídrica foi caracterizada como interna ou externa. A pegada hídrica interna é definida como o volume de água utilizado para consumo doméstico e também na produção de bens e serviços que serão consumidos pelos habitantes de um determinado país, ou seja, é a apropriação dos recursos hídricos nacionais para suprir seu mercado interno, enquanto que a pegada hídrica externa refere-se à água virtual direcionada para este mesmo país, por meio da importação de bens ou serviços (Schubert, 2011; Hoekstra et al. 2011). A PH consegue revelar informações sobre a dependência dos países sobre os recursos hídricos de outros países em todo o mundo levando em consideração a pegada hídrica interna e externa de um país. Portanto, o comércio virtual de água ocorre quando vários produtos são comercializados a partir de um lugar para outro (Hoekstra & Hung, 2005).

2.6.1.3. Pegada hídrica azul

A pegada hídrica é composta por três tipos de uso da água, designados como pegada hídrica azul, verde e cinza (Silva et al., 2013). A pegada hídrica azul refere-se ao consumo de recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Mekonnen & Hoekstra, 2011). Bleninger et al. (2015) afirma que na produção industrial e abastecimento doméstico de água, a parcela azul é o volume de água extraído das fontes de água doce. Na agricultura a PH azul também inclui a evaporação da água de irrigação dos campos agrícolas (Wichelns, 2010; Arruda, 2010; Marzullo et al. 2010; Hoekstra, et al. 2009). Silva et al. (2015), no estudo sobre medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba, afirmam que

a pegada hídrica azul representa o volume real de água utilizada pela cultura, trazendo consequências diretas sobre a disponibilidade hídrica do sistema.

2.6.1.4. Pegada hídrica verde

A pegada hídrica verde consiste no volume de água da chuva consumido durante o processo de produção da cultura (Mekonnen & Hoekstra, 2011). A pegada hídrica verde expressa em volume de água por unidade de tempo, obtém-se pela soma de dois fatores: a água verde evaporada e a água verde incorporada. A distinção entre a pegada hídrica azul e verde é importante pois os impactos hidrológicos, ambientais e sociais, bem como os custos de oportunidade do uso das águas superficiais e subterrâneas para a produção, diferem dos impactos e dos custos de utilização da água da chuva (Falkenmark e Rockstrom, 2004; Hoekstra & Chapagain, 2008). O consumo de água verde pela agricultura pode ser medido ou estimado utilizando um conjunto de fórmulas empíricas ou com um modelo apropriado para estimar a evapotranspiração com base em dados de entrada das características do solo, clima e cultura (Hoekstra et al. 2011).

2.6.1.5. Pegada hídrica cinza

A pegada hídrica cinza é o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes baseada nas concentrações naturais e nos padrões existentes sobre a qualidade da água em seu estado natural (Hoekstra, 2002). Silva et al. (2013) declaram que a pegada hídrica cinza é um indicador de poluição, que indica apenas a gravidade da poluição no sistema, não mostrando o volume da água poluída (Silva et al., 2013). Em geral, a pegada hídrica cinza contribui apenas com uma pequena porcentagem na pegada hídrica total em que os valores encontrados apresentam decréscimos de acordo com o incremento na irrigação, ou seja, quanto menor for a irrigação maior será o valor encontrado para a pegada hídrica cinza (Silva et al., 2015). A pegada hídrica cinzenta é calculada dividindo a carga poluente (L , expressa em massa por tempo) pela diferença entre o padrão de qualidade da água desse poluente (c_{\max} expresso em massa por volume) e a sua concentração natural de água receptora (c_{nat} , expressa em massa por volume) (Hoekstra et al. 2011).

2.6.2. Pegada hídrica de um produto

A pegada hídrica de um produto é definida como o volume total de água doce que é utilizado direta ou indiretamente em seu processo produtivo (Hoekstra et al., 2011). A sua estimativa é feita com base no consumo e na poluição da água em todas as etapas da cadeia produtiva. O cálculo é semelhante para todos os tipos de produtos, sejam eles derivados dos setores agrícola, industrial ou de serviços. A pegada hídrica de um produto é semelhante ao que se chama em outras publicações de ‘conteúdo de água virtual’ do produto, água embutida, incorporada, exógena ou oculta do produto (Hoekstra & Chapagain, 2008). Os termos conteúdo de água virtual e água incorporada, no entanto, referem-se ao volume de água incorporado no produto em si, enquanto o termo ‘pegada hídrica’ se refere não somente ao volume, mas também ao tipo de água que foi utilizada (verde, azul, cinza), bem como quando e onde (Hoekstra et al., 2011). Existe uma estreita relação entre água virtual e a pegada hídrica, que é o total de água virtual contida nos produtos consumidos por um indivíduo, negócio, cidade ou país (Chapagain & Orr, 2009). E de acordo com Silva et al. (2013) o conceito de água virtual foi introduzido para descrever o volume total de água embutida nos produtos agrícolas sugerindo que as regiões pobres de água importam água contida nos produtos agrícolas.

Calcular os volumes da água virtual envolvidos na produção de um bem, produto ou serviço é muito complexo, haja vista que para estimar estes valores, deve-se considerar a água envolvida em toda a cadeia de produção, assim como, as características específicas de cada região produtora, além das características ambientais e tecnológicas (Carmo et al. 2007). É no sentido de mensurar a quantidade de água envolvida em toda a cadeia de produção e as características ambientais e tecnológicas que a concepção de pegada hídrica se torna relevante, pois se faz necessário perseguir os passos e etapas do processo produtivo avaliando detalhadamente cada elemento, os impactos e os usos dos recursos hídricos envolvidos no processo como um todo, desde sua matéria-prima básica até o consumo energético (Chapagain & Hoekstra, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Dados utilizados

Os dados utilizados neste estudo consistem de um grupo de 27 *commodities* mais consumidas pela população brasileira. O critério de seleção foi baseado nos dados disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015), referentes à produção nacional, da Secretaria de Comércio Exterior – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio – SECEX/MDIC/ALICEWEB (2015), referentes à exportação e importação desses produtos e nos dados disponíveis no site oficial da pegada hídrica, referentes ao volume de água necessário por quantidade de produto. A metodologia aplicada nesta pesquisa baseia-se na metodologia apresentada no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica da “Water Footprint Network” e foi dividida em duas etapas, descritas a seguir:

Etapa 1. Seleção da amostra

Na primeira etapa foram realizadas as seleções das fontes de informações do grupo de análise e do ano base. De acordo com os dados disponíveis no IBGE (2015) referentes à produção nacional e da SECEX/MDIC/ALICEWEB (2015), referentes à exportação e importação nacional de produtos agrícolas, foi selecionada uma amostra de 27 produtos (Tabela 1). Durante o período de 1997 a 2012, totalizando um período de 16 anos. Constam também nesta tabela os valores referentes ao volume de água consumido por cada produto. Os dados do IBGE indicam que o ano mais recente com informações disponíveis para o estudo foi o de 2012, sendo então considerado como o ano base. Utilizou-se da mesma fonte de dados para se obter a população total brasileira nesse ano, com vistas a obtenção do consumo *per capita* no país.

As informações relativas ao volume de água consumido por quantidade de produto ($\text{m}^3/\text{ton}^{-1}$), referentes as 27 *commodities* selecionadas, de acordo com as características de consumo no Brasil, bem como a média global desse mesmo volume, constam em Chapagain & Hoekstra (2004), disponíveis no site oficial da “Water Footprint Network” (www.waterfootprint.org).

Tabela 1. Volume de água utilizado pelos principais produtos consumido no Brasil (m³/ton)

Commodity	(m ³ /ton)	Commodity	(m ³ /ton)
Tomate	73	Centeio	2912
Cebola	214	Arroz	3082
Batata Inglesa	241	Feijão	3955
Maçã	303	Café	13972
Uva	341	Leite	1001
Laranja	342	Açúcar	1265
Hortícolas	367	Óleo de Girassol refinado	4879
Mandioca	400	Queijo	4969
Pêra	1059	Manteiga	6550
Alho	1080	Ovos	3337
Milho	1180	Carne de frango	4474
Banana	1188	Carne suína	6603
Cevada	1373	Carne bovina	16961
Trigo	1616		

Fonte: Chapagain & Hoekstra (2004)

Os valores são baseados nas necessidades hídricas e produtividade de cada cultura bem como em parâmetros climáticos, que influenciam a evapotranspiração. Nos cálculos que envolvem a produção nacional foi utilizado o valor característico do Brasil para cada produto conforme consta na Tabela 1.

Etapa 2. Aplicação

Na etapa Aplicação se considerou o recolhimento de informação, tratamento e análise de dados e a interpretação dos resultados. Para obter o valor da pegada hídrica interna e externa do consumo, a água virtual exportada através de produtos de origem nacional, a pegada hídrica do consumo nacional bem como da área da nação, foi adotada a metodologia de cálculo sugerida no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica, publicado em 2009 e revisada em 2011, onde consta o padrão de avaliação da pegada hídrica desenvolvido pelo Water Footprint Network (Hoekstra et al. 2011).

A pegada hídrica interna do consumo nacional ($PHi_{cons,nac}$) é definida como o uso de recursos hídricos nacionais para produzir bens e serviços consumidos pela população do país e foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$PHi_{cons,nac} = Cnp_{nac} * Vac_{quant,prod} \quad (01)$$

em que:

P_{Hi} é a pegada hídrica interna do consumo nacional ($m^3 \cdot ano^{-1}$);

$C_{np_{nac}}$ refere-se ao consumo nacional de produção nacional ($ton \cdot ano^{-1}$) e

$V_{ac_{quant,prod}}$ é o volume de água consumido por quantidade de produto (m^3/ton^{-1}).

Os dados de consumo nacional de produção nacional ($C_{np_{nac}}$), utilizados na Equação 1, referem-se à quantidade consumida dos diversos produtos de origem nacional e serão obtidos a partir da diferença entre a produção nacional (P_n) e a exportação (Exp), de acordo com a seguinte equação:

$$C_{np_{nac}} = P_n - Exp \quad (02)$$

em que:

$C_{np_{nac}}$ é o consumo nacional de produção nacional ($ton \cdot ano^{-1}$);

P_n é a produção nacional ($ton \cdot ano^{-1}$);

Exp é a exportação ($ton \cdot ano^{-1}$).

Os dados da produção nacional, utilizados na Equação 2 foram alimentados pelos dados do IBGE (2015).

A pegada hídrica externa do consumo nacional ($P_{He_{cons,nac}}$), definida como o volume dos recursos hídricos utilizados em outros países para produzir bens e serviços consumidos pela população do país em consideração, foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$P_{He_{cons,nac}} = Imp * MGv_{\acute{a}gua} \quad (03)$$

em que:

Imp é a importação ($ton \cdot ano^{-1}$);

$MGv_{\acute{a}gua}$ é a média global do volume de água consumido por quantidade de produto ($m^3 \cdot ton^{-1}$).

P_{He} é a pegada hídrica externa do consumo nacional ($m^3 \cdot ano^{-1}$) e

Assim, através da soma da pegada hídrica interna e externa do nacional, é possível conhecer a pegada hídrica referente ao consumo nacional ($P_{Hc_{nac}}$).

$$PHC_{nac} = PHi_{cons,nac} + PHe_{cons,nac} \quad (04)$$

em que:

PHC_{nac} é a pegada hídrica do consumo nacional ($m^3 \cdot ano^{-1}$);

$PHi_{cons,nac}$ é a pegada hídrica interna do consumo nacional ($m^3 \cdot ano^{-1}$);

$PHe_{cons,nac}$ é a pegada hídrica externa do consumo nacional ($m^3 \cdot ano^{-1}$).

Para proceder ao cálculo da pegada hídrica dentro da área da nação, foi igualmente necessário calcular dois parâmetros: a pegada hídrica do consumo nacional e a água virtual exportada (GVWE).

O fluxo de água virtual entre as nações têm sido calculado multiplicando o comércio internacional de colheita por seu conteúdo de água virtual associada. Este último depende da demanda de água específica da cultura no país exportador onde a cultura é produzida. O fluxo de água virtual é assim calculado segundo Hoekstra & Hung (2005):

$$VWT[n_e, n_i, c, t] = CT[n_e, n_i, c, t] \times SWD[n_e, c] \quad (05)$$

em que:

VWT = comércio de água virtual ($m^3 \cdot ano^{-1}$);

n_e = país exportador;

n_i = país importador;

t = ano e c o resultado do comércio da colheita.

CT = representa o comércio da cultura ($ton \cdot ano^{-1}$);

SWD = representa a demanda de água específica de colheita c no país de exportação ($m^3 \cdot ton^{-1}$).

A equação acima assume que se uma determinada cultura é exportada a partir de um determinado país, esta cultura é cultivada, na verdade, neste país (e não em outro país cuja colheita foi apenas importado para posterior exportação). Embora ocorra certo erro, estima-se que este erro não irá influenciar substancialmente o equilíbrio de água virtual global de um país. Além disso, é praticamente impossível controlar as fontes de todos os produtos exportados.

A demanda de água específica média por tipo de cultura, foi calculado separadamente para cada nação relevante na base de dados da FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 (Allen et al. 1998) sobre as necessidades de água da cultura e dos rendimentos das culturas:

$$SWD[n, c] = \frac{CWR[n, c]}{CY[n, c]} \quad (06)$$

em que:

SWD = demanda de água específico ($m^3 \cdot ton^{-1}$) de colheita c no país n ,

CWR = exigência hídrica da cultura ($m^3 \cdot ha^{-1}$) e,

CY = produtividade da cultura ($ton \cdot ha^{-1}$).

O CWR é calculado a partir da evapotranspiração da cultura acumulada ET_c (em mm/dia) sobre o crescimento completo do período. A ET_c é a evapotranspiração da cultura, decorre multiplicando-se a evapotranspiração de referência ET_0 com o coeficiente de cultivo K_c :

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (07)$$

O conceito de evapotranspiração de referência foi introduzido pela FAO 56 para estudar a demanda evaporativa da atmosfera, independentemente do tipo de cultura, colheita desenvolvimento e práticas de gestão. Os únicos fatores que afetam a ET_0 são os parâmetros climáticos. A evapotranspiração da cultura de referência ET_0 é definida como a taxa de evapotranspiração de referência a partir de uma cultura de altura hipotética de 12cm, resistência superficial de 70 sm^{-1} e um albedo de 0,23. Esta evapotranspiração de referência da cultura se assemelha a evapotranspiração de uma extensa superfície de cobertura de grama verde de altura uniforme, crescendo ativamente, sombreamento completo do solo e com água adequada (Smith et al., 1992). A evapotranspiração de referência é calculada com base na FAO Penman-Monteith através da Equação 8:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma 900/(T + 273)U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (08)$$

em que:

ET_0 = evapotranspiração de referência ($mm \cdot dia^{-1}$);

R_n = saldo de radiação na superfície da cultura ($MJm^{-2}dia^{-1}$);

G = fluxo de calor no solo ($MJm^{-2}dia^{-1}$);

T = temperatura média do ar ($^{\circ}C$);

U_2 = velocidade do vento medido a 2m de altura ($m \cdot s^{-1}$);

e_a = a pressão de vapor de saturação (kPa);

e_d = pressão de vapor real (kPa);

$e_a - e_d$ = déficit de pressão de vapor (kPa),

Δ = inclinação da curva de pressão de vapor ($KPa^\circ C^{-1}$) e,

γ = constante psicrométrica ($KPa^\circ C^{-1}$).

O coeficiente de cultura representa a copa e a resistência aerodinâmica em relação a cultura de referência hipotética, servindo como uma agregação das diferenças físicas e fisiológicas entre uma determinada cultura e a cultura de referência. O esquema geral para o cálculo específico da demanda de água está representado na Figura 1, que também exhibe os passos para a determinação do cálculo da água virtual que flui entre as nações.

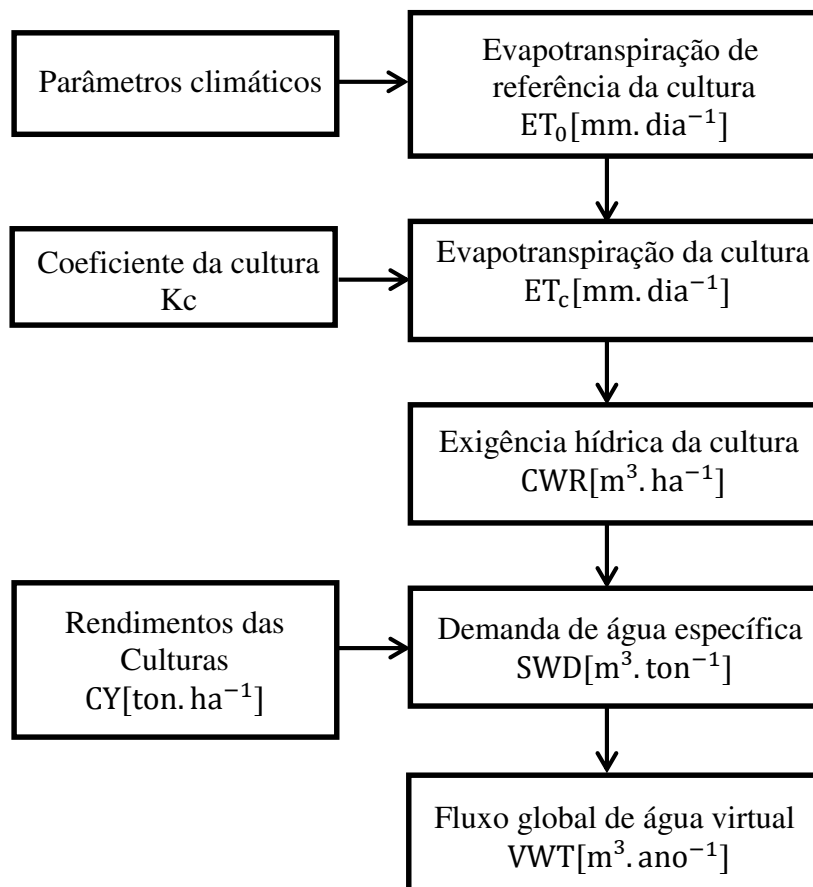


Figura 1: Passos para o cálculo do fluxo global de água virtual

A importação de água virtual bruta de um país é a soma de todas as importações:

$$GVWI[n_i, t] = \sum_{n_e, c} VWT[n_e, n_i, c, t] \quad (09)$$

A exportação de água virtual bruta de um país é a soma de todas as exportações:

$$GVWE[n_e, t] = \sum_{n_i, c} VWT[n_e, n_i, c, t] \quad (10)$$

A importação de água virtual líquida de um país é igual a importação de água virtual bruta menos a água virtual bruta exportada. O balanço hídrico virtual do país x para o ano t pode assim ser escrito como:

$$NVWI[x, t] = GVWI[x, t] - GVWE[x, t] \quad (11)$$

em que:

NVWI significa o fluxo de importação líquida de água virtual para o país ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$);

GVWI é a importação de água virtual bruta ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$);

GVWE é a exportação de água virtual bruta ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$).

O fluxo de importação líquida de água virtual de um país tem sinal positivo ou negativo. Este último indica que não há exportação líquida de água virtual no país.

Analogamente calcula-se o fluxo de exportação líquida do país como:

$$NVWE[x, t] = GVWE[x, t] - GVWI[x, t] \quad (12)$$

em que:

NVWE significa o fluxo de exportação líquida de água virtual do país ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$).

GVWE é a exportação de água virtual bruta ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$).

GVWI é a importação de água virtual bruta ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$);

A exportação líquida de água virtual de um país tem sinal positivo ou negativo. Caso seja positivo significa que há exportação líquida de água virtual no país.

A soma da pegada hídrica interna do consumo com a água virtual exportada resulta na pegada hídrica dentro da área da nação ($PHa_{\text{nação}}$).

$$PHa_{\text{nação}} = PHi_{\text{cons, nac}} + GVWE \quad (13)$$

em que:

$PHa_{\text{nação}}$ é a pegada hídrica dentro da área da nação ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$);

$PHi_{\text{cons, nac}}$ é a pegada hídrica interna do consumo nacional ($m^3 \cdot \text{ano}^{-1}$);

GVWE é a exportação de água virtual bruta ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$)

A exportação de água virtual de uma nação é composta pela água exportada de origem doméstica e pela reexportação parcialmente consumida, constituindo assim a pegada hídrica externa do consumo nacional de água de origem estrangeira. A importação de água virtual numa nação será, em parte, reexportada.

A Figura 2 resume a representação visual do sistema de contabilização da pegada hídrica nacional, adaptado para essa pesquisa (Hoekstra et al. 2011).

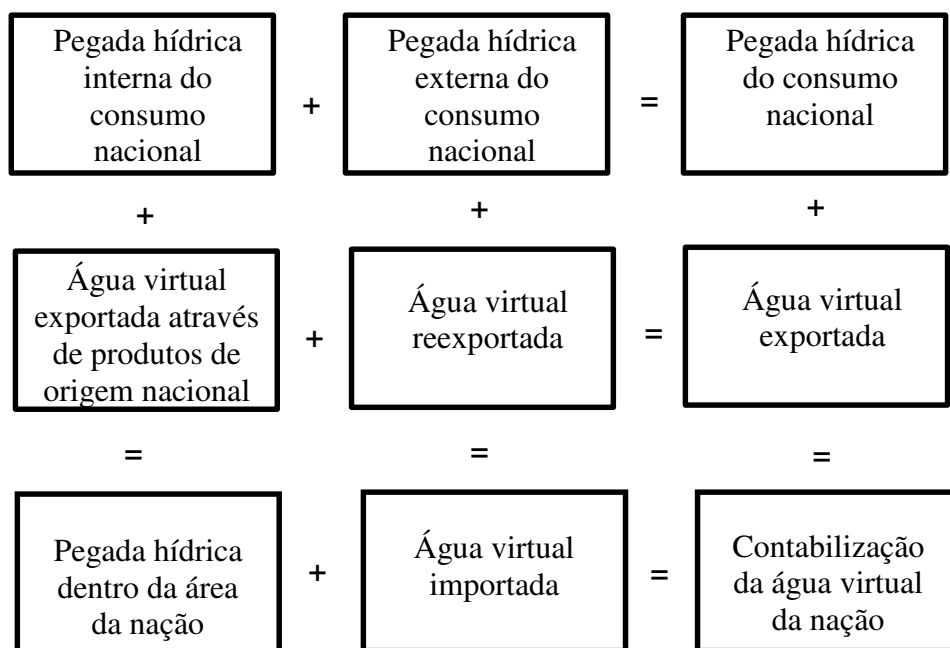


Figura 2. Esquema da contabilização da pegada hídrica nacional (Chapagain & Hoekstra, 2004)

Por fim será utilizada outra forma mais simplificada para calcular a pegada hídrica do consumo de um indivíduo brasileiro (PHi_{bras}), multiplicando apenas o consumo anual per capita (C) de cada bem pelo volume estimado de água consumido por quantidade de produto, de acordo com a média global:

$$\text{PHi}_{\text{bras}} = C * \text{Vac}_{\text{quant,prod}} \quad (14)$$

em que:

PHi_{bras} é a pegada hídrica do brasileiro

C é o consumo o consumo anual per capita ($\text{ton} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);

$\text{Vac}_{\text{quant,prod}}$ é o volume de água consumido por quantidade de produto ($\text{m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$)

Evidentemente, um país com alta escassez de água iria tentar lucrar com a importação líquida de água virtual. Por outro lado, os países com abundantes recursos hídricos poderiam ter lucro com a exportação de água na forma virtual. A fim de verificar esta hipótese, precisasse calcular os índices de escassez de água e dependência da importação de água virtual. O cálculo dos índices de escassez de água, dependência de água importada e autossuficiência de água foram também calculadas de acordo com o Manual da Pegada Hídrica elaborado por Hoekstra et al. (2011); Hoekstra & Hung, (2005).

No cálculo do índice de escassez nacional de água, é usada a proporção do uso total de água pela disponibilidade de água:

$$WS = \frac{WU}{WA} \times 100 \quad (15)$$

em que:

WS = escassez nacional de água (%);

WU = uso total de água no país ($m^3 \cdot ano^{-1}$);

WA = disponibilidade nacional de água ($m^3 \cdot ano^{-1}$).

Definido desta maneira, a escassez de água irá geralmente variar entre 0% e 100%, mas pode, em casos excepcionais (por exemplo, na exploração mineira subterrânea) ser superior a 100%. A disponibilidade de água nacional é considerada como os recursos renováveis internos anuais de água doce renovável disponível mais de um ano de precipitação que cai dentro de um país de fronteiras (Gleick, 1993). Consumo total de água (WU) refere-se à soma do uso das águas azul e verde, mas por razões práticas para definir a escassez de água é considerada como a disponibilidade de água azul. A dependência de água (WD) da nação é calculada como a razão entre a importação de água virtual de um país pela utilização total nacional de água:

$$WD = \begin{cases} \frac{NVWI}{WU + NVWI} \times 100, & \text{se } NVWI \geq 0 \\ 0, & \text{se } NVWI < 0 \end{cases} \quad (16)$$

Em que:

WD é o índice de dependência de água importada (%);

NVWI é o fluxo de importação líquida de água virtual para o país ($m^3 \cdot ano^{-1}$);

WU = uso total de água no país ($m^3 \cdot ano^{-1}$)

O valor do índice de dependência de água por definição varia entre 0% e 100%. O valor zero significa que a importação de água virtual bruto e exportação estão em equilíbrio ou que não há exportação de água virtual líquida. Se em o outro extremo a dependência de água de uma nação aproxima-se de cem por cento, a nação é quase completamente dependente de importação de água virtual. Assim, o índice de autossuficiência de água (WSS) é definida como segue:

$$WSS = \begin{cases} \frac{WU}{WU + NVWI} \times 100, & \text{se } NVWI \geq 0 \\ 100, & \text{se } NVWI < 0 \end{cases} \quad (17)$$

Em que:

WSS é o índice de autossuficiência (%);

NVWI é o fluxo de importação líquida de água virtual para o país ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$);

WU = uso total de água no país ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$).

A autossuficiência de água de uma nação refere-se à dependência da água de uma nação e pode ser calculada de uma maneira simples:

$$WSS = 100 - WD \quad (18)$$

O nível de autossuficiência de água é a capacidade nacional de fornecer a água necessária para a produção da demanda doméstica por bens e serviços. A autossuficiência é de 100% se toda água necessária está disponível dentro do próprio território. A autossuficiência próxima ou igual a zero implica que o país depende fortemente da importação de água virtual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. Ele é o principal produtor e exportador de café, açúcar, etanol de cana-de-açúcar e suco de laranja do mundo. Devido a essa posição do país, existe uma grande preocupação da quantidade de água que sai e chega no Brasil através das *commodities*. Dessa forma, foi contabilizada neste estudo a água virtual (m^3/ano) exportada e importada pelo país. A distribuição espacial do fluxo de água virtual no Brasil referente às *commodities* selecionadas neste estudo está apresentada nas Figuras 3 a 30.

4.1. Fluxo de água virtual da commodity milho no Brasil

A Figura 3A exibe a quantidade de água virtual exportada do Brasil contabilizada para a *commodity* milho. Observa-se que os estados das regiões centro-oeste e sul são os que mais contribuem para a saída da água virtual do Brasil através dessa *commodity*, representando 40,77%, 37,30%, 7,46%, 5,51% e 3,01% do total, respectivamente, para os estados do Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Esses estados são os maiores produtores de milho, sendo Mato Grosso o que apresenta a maior contribuição para a exportação de água virtual do Brasil, com cerca de $2,63 \text{ Gm}^3/\text{ano}$. Apesar do milho ser a *commodity* mais exportada do Brasil, não coloca o país como o maior exportador, pois segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o Brasil ocupa 3ª colocação, com uma participação de 8,6% do comércio internacional, exportando, em média, 8,6 milhões de toneladas por ano, ficando atrás dos EUA e da Argentina.

A Figura 3B apresenta os estados brasileiros que mais recebem água virtual importada da *commodity* milho. De acordo com os dados do IBGE (2015), mesmo o Estado do Paraná apresentando-se como o maior produtor de milho no período 2007 a 2010, é o estado que mais recebe água virtual, correspondendo a 26,96% do total, seguidos dos Estados de Santa Catarina (24,35%), Pernambuco (10,20%), Rio Grande do Sul (8,69%), Ceará (5,24%) e Paraíba (5,22%).

Analisando o fluxo de água virtual exportada constata-se que existe uma exportação líquida de água virtual num volume de $5,697 \text{ Gm}^3/\text{ano}$ em relação ao mercado internacional de milho no Brasil.

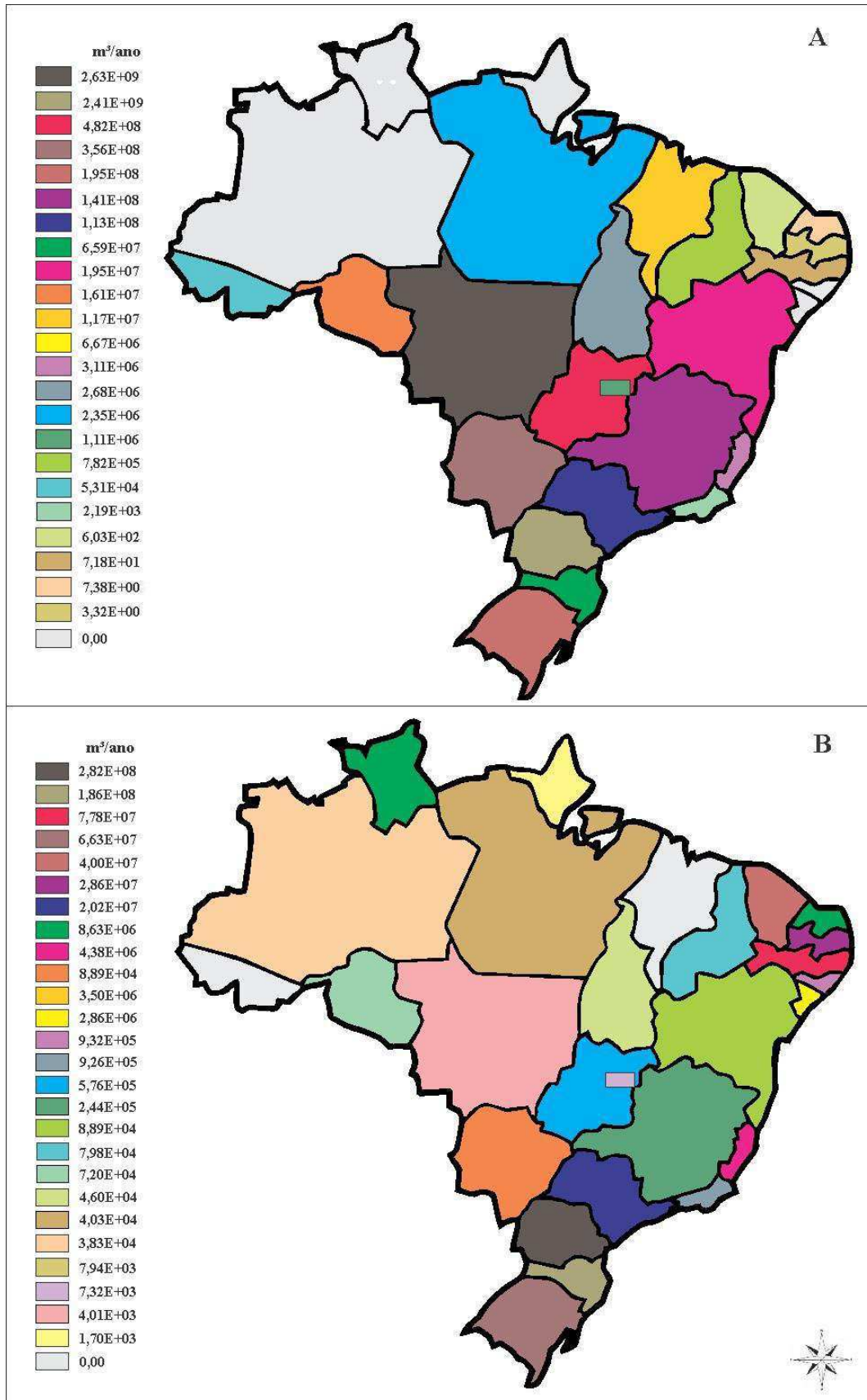


Figura 3. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m^3/ano) da *commodity* milho

A Tabela 2 exhibe os países importadores e exportadores de água virtual em ordem decrescente da *commodity* milho do Brasil. Os cinco maiores países importadores são: Irã, Coreia do Sul, Espanha, Japão e Taiwan, totalizando 52,54% do total, que corresponde a, aproximadamente, 3,40 Gm³/ano de água virtual. Essa tabela exhibe ainda os países exportadores de água virtual da *commodity* milho para o Brasil. O Paraguai e a Argentina são os maiores exportadores, correspondendo a 98,19% do total o que equivale a 749 Mm³/ano de água virtual. Apesar dos Estados Unidos serem os maiores exportadores de milho do mundo, respondendo, em média, por 50% do comércio internacional, o Brasil recebe deste país apenas 9,35 Mm³/ano de água virtual contidos nessa *commodity*.

Tabela 2. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* milho.

Países importadores de milho do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Irã	1,22E+09	18,89
Coreia do Sul	6,89E+08	10,66
Espanha	6,69E+08	10,36
Japão	4,40E+08	6,81
Taiwan (Formosa)	3,76E+08	5,82
Marrocos	2,58E+08	4,00
Arábia Saudita	2,46E+08	3,80
Malásia	2,44E+08	3,77
Países Baixos (Holanda)	2,18E+08	3,38
Egito	2,05E+08	3,17
Colômbia	2,00E+08	3,10
Portugal	1,76E+08	2,72
Argélia	1,22E+08	1,89
Itália	1,02E+08	1,58
Alemanha	8,49E+07	1,31
República Dominicana	6,94E+07	1,07
Bélgica	6,40E+07	0,99
Indonésia	6,18E+07	0,96
Coreia do Norte	5,98E+07	0,93
Outros países	9,57E+08	14,81
Países exportadores de milho para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Paraguai	4,83E+08	63,33
Argentina	2,66E+08	34,86
EUA	9,35E+06	1,23
Uruguai	4,23E+06	0,55
Bermudas	1,49E+05	0,02
África do Sul	6,88E+04	0,01
Outros países	4,92E+04	0,01

4.2. Fluxo de água virtual da commodity trigo no Brasil

Allan (2003) questionou a possibilidade de produtos que necessitam de grandes quantidades de água na sua produção serem exportados de lugares com elevada disponibilidade de água para países com maior escassez de água. Essas importações de água aliviarão a pressão exercida sobre os recursos hídricos, segundo o autor. Por outro lado, defendendo as palavras de Allan, o relatório do *World Water Council* (WWC, 2003) afirma que o comércio agrícola se apresenta como o grande transferidor de água entre regiões e que o país ao importar produtos que utilizam água de forma intensiva no seu processo produtivo consegue direcionar a água para outras finalidades, beneficiando-se assim deste comércio.

Na produção de alimentos, existem quatro grandes usos da água: produção primária (agricultura); limpeza e higienização; como ingrediente ou componente de um ingrediente e operações de processamento (aquecimento, refrigeração) (C.E., 2004). No Brasil, quase metade da água consumida destina-se a agricultura irrigada (Cardoso et al., 1998). Ainda segundo o autor outra atividade que requer um grande volume de água é a pecuária seja para o consumo dos animais e para a higiene geral dos animais e dos equipamentos.

A Figura 4A apresenta a distribuição espacial de água virtual da *commodity* trigo exportada. A região Sul é a maior responsável pela saída de água virtual do Brasil, respondendo por 98,36% de um total de 847 Mm³/ano, também é a região de maior produção de trigo no Brasil. Segundo a Embrapa Trigo (2014) o Paraná produziu 2098,7 mil toneladas de trigo no ano de 2012, Santa Catarina obteve uma produção de 139,4 mil toneladas e o Rio Grande do Sul respondeu por 1866,3 mil toneladas para o mesmo ano. O estado de São Paulo também é um exportador em potencial, pois sozinho exporta 10,8 Mm³/ano de água virtual e de acordo com o Instituto de Economia Agrícola e da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (IEA/CATI) produziu 206,3 toneladas no ano de 2013.

Na distribuição espacial da água virtual importada deste cereal, exibida na Figura 4B, pode-se verificar que os Estados de São Paulo, Ceará, Rio de Janeiro, Pernambuco e Rio Grande do Sul são os maiores responsáveis pela entrada da água virtual da *commodity* trigo no Brasil que chega à ordem de 4,88 Gm³/ano. Isso representa aproximadamente seis vezes a quantidade de água virtual retirada do país, ou seja, em relação à *commodity* trigo, existe uma importação líquida no país de 6,833 Gm³/ano de água virtual. Segundo o MAPA (2013) o governo brasileiro está realizando algumas tomadas de decisão em relação aos principais estados produtores do trigo, como por exemplo, estudos sobre o zoneamento de risco climático para os principais estados produtores e ampliação do limite de financiamento para custeio das lavouras.

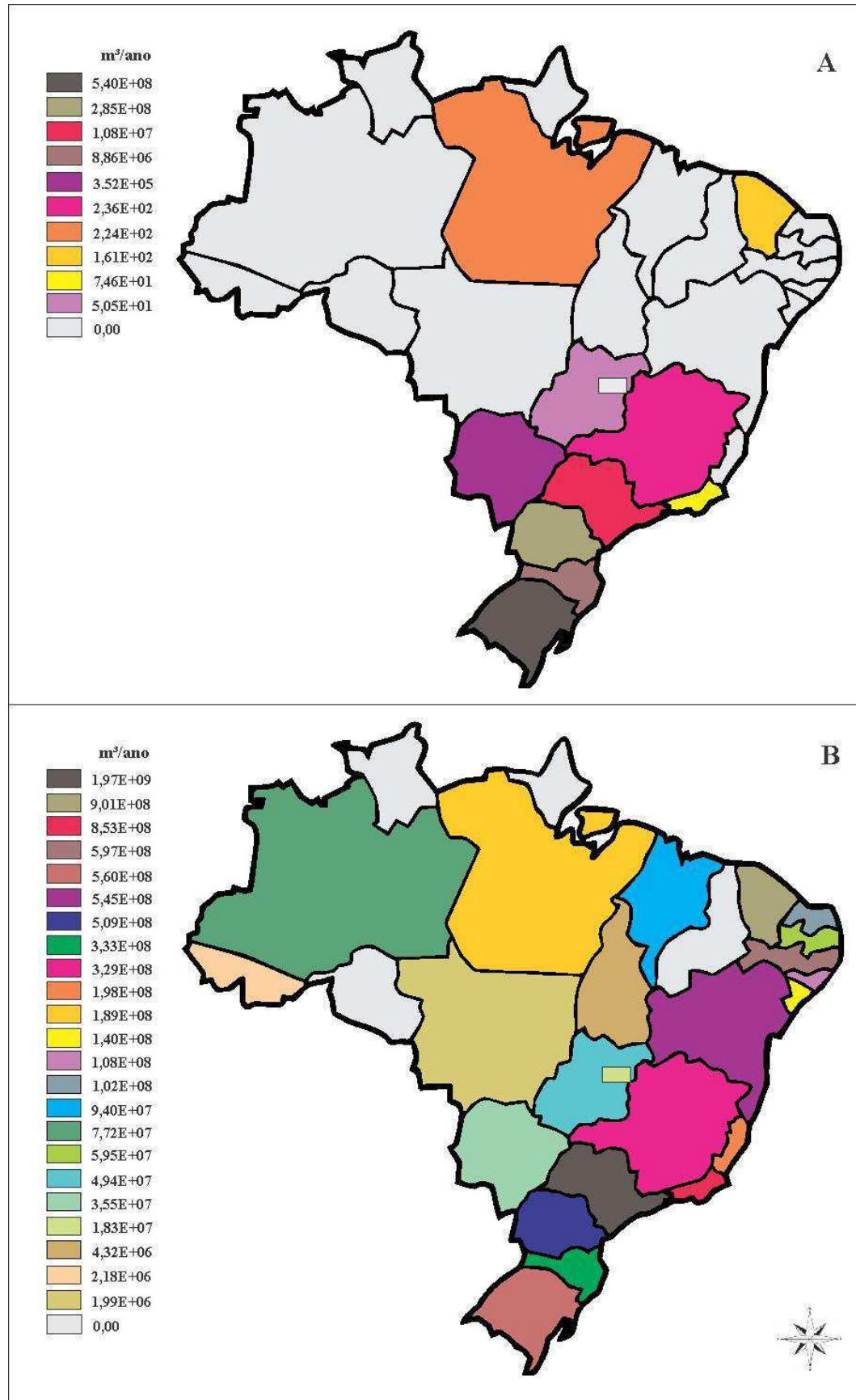


Figura 4. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* trigo

Os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* trigo do Brasil estão apresentados na Tabela 3. A Argélia é o país que recebe a maior quantidade de água virtual do Brasil com 111 Mm³/ano. A razão disso está associada ao fato que esse país possui um alto nível de escassez de água, com disponibilidade hídrica anual inferior a 1.000 m³ por habitante (Rebouças et al., 1999), o que torna inviável a produção deste cereal.

Tabela 3. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* trigo

Países importadores de trigo do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argélia	1,11E+08	13,08
Arábia Saudita	8,76E+07	10,34
Bangladesh	6,30E+07	7,43
Marrocos	5,52E+07	6,52
Filipinas	5,26E+07	6,21
EUA	3,98E+07	4,70
Egito	3,92E+07	4,63
Vietnã	3,80E+07	4,48
Tunísia	3,61E+07	4,26
África do Sul	3,54E+07	4,18
Espanha	3,27E+07	3,86
Paquistão	3,26E+07	3,84
Romênia	2,46E+07	2,90
Quênia	2,39E+07	2,81
Turquia	1,99E+07	2,35
Líbia	1,63E+07	1,92
Outros países	1,40E+08	16,51
Países exportadores de trigo para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	6,43E+09	83,76
Paraguai	3,42E+08	4,45
EUA	3,03E+08	3,95
Uruguai	2,76E+08	3,60
Canadá	2,64E+08	3,44
Paraguai	3,46E+07	0,45
Ucrânia	1,07E+07	0,14
Cazaquistão	6,75E+06	0,09
França	4,37E+06	0,06
Rússia	3,22E+06	0,04
Suécia	1,53E+06	0,02
Angola	8,34E+05	0,01

A Argentina e o Paraguai são os países que mais contribuem para a entrada de água virtual no país, respondendo por 88,21% do total da água virtual exportada na *commodity* trigo.

4.3. Fluxo de água virtual da commodity café no Brasil

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo maior consumidor desse produto. A safra alcançou 45,34 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado em 2014 em 15 estados, com destaque para Minas Gerais, que respondeu por 49,93% da produção nacional, seguido do Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná (MAPA, 2015). Na distribuição espacial da água virtual exportada do Brasil da *commodity* café exibida na Figura 5A observa-se que de fato esses estados são os maiores responsáveis pela saída da água virtual do país totalizando juntos aproximadamente 19 Gm³/ano. Esse alto valor se dar devido à grande quantidade de água utilizada nas atividades de lavagem e descascamento de frutos, que segundo Chapagain & Hoekstra (2004) são necessários para o Brasil um volume de água de 13.972 m³/ton para sua produção.

O Brasil ocupa a posição do segundo maior consumidor de café, e de acordo com a Figura 5B, que apresenta a distribuição espacial da água virtual importada para o Brasil, apenas 4,93 Mm³/ano de água virtual são enviados para o país, o que significa uma exportação líquida de 19,51 Gm³/ano, ou seja, são retirados do Brasil Gm³/ano de água através da exportação do café. Este resultado mostra que a maior parte do café consumido no país é cultivada no próprio país. Segundo MAPA (2015), o Brasil tem condições climáticas que favorecem o cultivo do café em 15 regiões produtoras. Essa diversidade garante o cultivo do café de Norte a Sul do país. Devido à variedade dos climas, altitudes e tipos de solo no país, os produtores brasileiros conseguem diversos padrões de qualidades e aromas; dentre as duas espécies cultivadas, o café arábica e o café robusta apresentam uma grande variedade de linhagens (MAPA, 2015).

Embora exista um déficit em relação à água virtual, é imprescindível o contínuo crescimento da produção e exportação, pois atualmente, o café é a principal fonte de receita para vários municípios, sendo também o principal gerador de postos de trabalho na agropecuária nacional (MAPA, 2015). A significativa performance nas exportações e no consumo interno de café acarreta na sustentabilidade econômica do produtor e de sua atividade. Portanto, para que haja uma maior economia de água faz-se necessário maiores investimentos do governo, promovendo um melhor aproveitamento das terras, além de pesquisas como zoneamentos climáticos dando suporte aos agricultores e técnicas gerenciais mais eficazes das propriedades, com uso racional de recursos.

O volume expressivo de cafés sustentáveis produzidos anualmente e a alta qualidade e diversidade das safras brasileiras fazem do Brasil um fornecedor confiável e capaz de atender às necessidades dos compradores internacionais mais exigentes (MAPA, 2015).

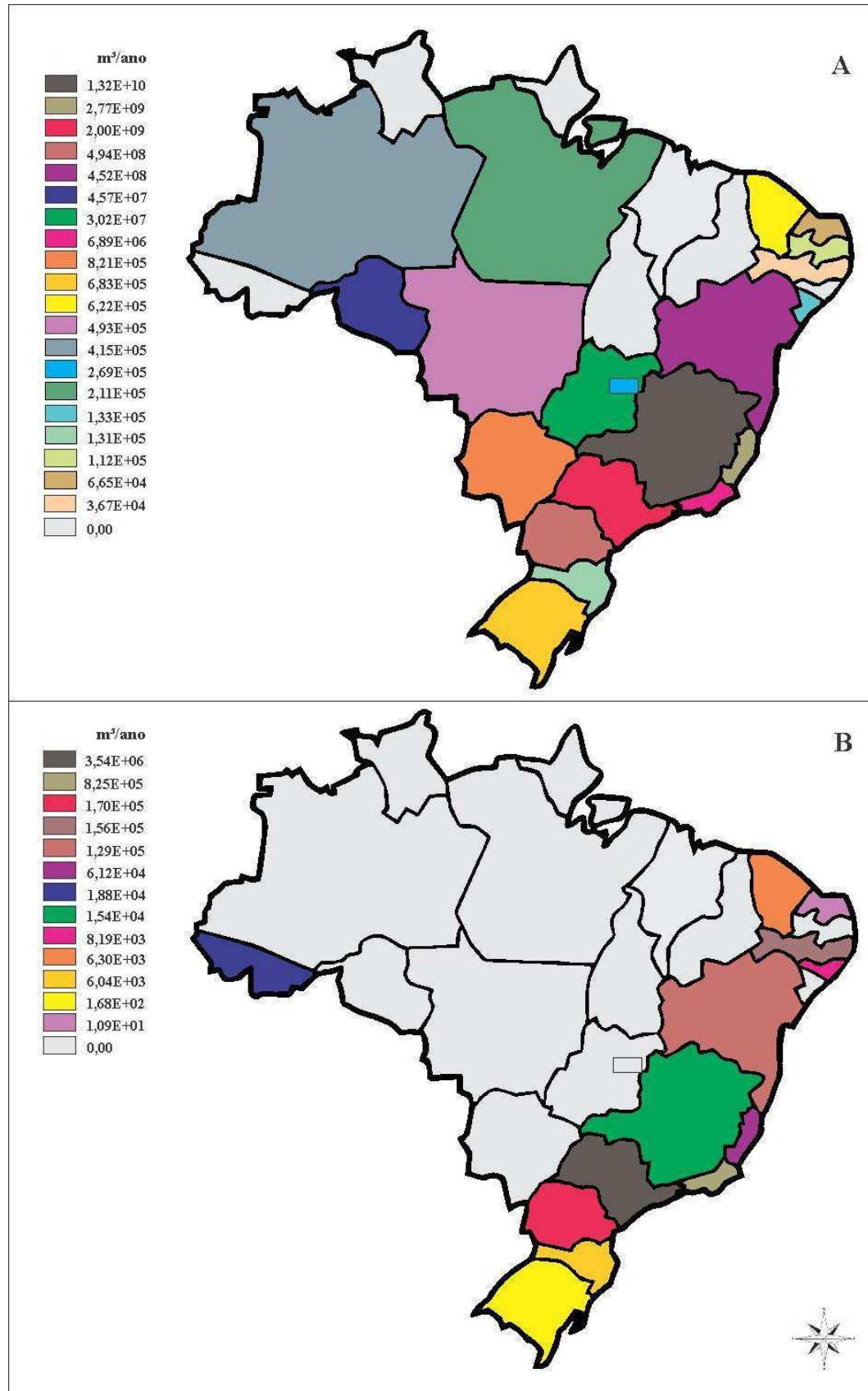


Figura 5. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* café

A Tabela 4 apresenta os países importadores de água virtual da *commodity* café do Brasil. Pode ser observado que os países: Alemanha, EUA, Itália e Japão são os que mais recebem a água virtual do Brasil, respondendo juntos por pouco mais de 50% do total. Verifica-se, portanto, que dos 19,5 Gm³/ano de água virtual que são exportados do Brasil através do café, 10,93 Gm³/ano são destinados para esses países. Os países exportadores de água virtual da *commodity* café para o Brasil também estão exibidos na Tabela 4. Verifica-se que a Itália, Suíça, Reino Unido e os EUA enviam juntos para o Brasil cerca de 4,13 Mm³/ano de água virtual de um total 4,93 Mm³/ano, ou seja, aproximadamente 84% do total.

Tabela 4. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* café

Países importadores de café do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Alemanha	3,86E+09	19,76
EUA	3,67E+09	18,83
Itália	1,93E+09	9,86
Japão	1,47E+09	7,53
Bélgica	1,12E+09	5,76
Eslovênia	6,57E+08	3,37
Espanha	6,37E+08	3,26
França	6,12E+08	3,13
Suécia	5,14E+08	2,63
Grécia	4,27E+08	2,19
Argentina	4,22E+08	2,16
Países Baixos (Holanda)	4,19E+08	2,15
Finlândia	3,42E+08	1,75
Canadá	3,28E+08	1,68
Síria	2,61E+08	1,34
Reino Unido	2,45E+08	1,25
Líbano	2,44E+08	1,25
Outros países	2,36E+09	12,09
Países exportadores de café para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Itália	1,62E+06	32,87
Suíça	1,49E+06	30,27
Reino Unido	5,47E+05	11,09
EUA	4,71E+05	9,56
Bélgica	2,63E+05	5,33
Paraguai	1,69E+05	3,42
Portugal	1,57E+05	3,18
Espanha	1,35E+05	2,73
Países Baixos (Holanda)	3,28E+04	0,66
Bolívia	1,88E+04	0,38
Outros países	2,47E+04	0,51

4.4. Fluxo de água virtual da commodity arroz no Brasil

Observando a distribuição espacial da água virtual exportada do Brasil da *commodity* arroz (Figura 6A), constata-se que o Estado do Rio Grande do Sul além de ser o maior produtor do cereal é também o maior exportador, responde sozinho por aproximadamente 92% do total da água virtual retirada do país, colocando o Brasil na 8º posição do mercado internacional. Muito embora parte da sua produção (70%) seja exportada para outros estados, segundo a Embrapa Clima Temperado (2005), 50% para São Paulo e 20% para o Rio de Janeiro.

Na década de 80, segundo a Embrapa Arroz (2005), o Brasil passou a importar pequenas quantidades de arroz (5% da demanda total) e a partir de 1989/90 se tornou um dos principais importadores deste cereal, chegando a 2 milhões de toneladas em 1997/98, quando atingiu uma média superior a 10% da demanda interna. Na Figura 6B encontra-se a distribuição espacial da água virtual importada para o Brasil da *commodity* arroz. Verifica-se que apenas quatro estados não importam esse cereal de outros países, dessa forma os outros 23 são responsáveis pela entrada de 1,86 Gm³/ano de água virtual no país através do arroz. Apesar do Rio Grande do Sul se destacar em sua produção e exportação, ele também é destaque na importação, pois responde por 687 Mm³/ano de toda água virtual importada, sendo, portanto, o estado que mais importa este cereal, seguidos dos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Pernambuco e Rio de Janeiro, somando 57,5% do total de água virtual importada. Os Estados de Pernambuco e Minas Gerais colaboram cada um com 102 Mm³/ano de água virtual. Já o Estado do Amazonas apresenta uma contribuição menos expressiva, respondendo por apenas 708 m³/ano. O arroz está entre os cereais mais consumidos do mundo. O Brasil é o nono maior produtor mundial e colheu 11,26 milhões de toneladas na safra 2009/2010. O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz irrigado. Já a área plantada com arroz de sequeiro, em terras altas, fica concentrada na região Centro-Oeste (Mato Grosso e Goiás); Nordeste (Piauí e Maranhão) e Norte (Pará e Rondônia). O cultivo de arroz irrigado, praticado na região Sul do Brasil contribui, em média, com 54% da produção nacional.

A Exportação de produtos agrícolas dos EUA para o México e Japão compreendem as maiores economias globais de água, contribuindo com mais de 11% para a economia total de água global. A maior economia de água é devido ao comércio de cereais que responde por 196 Gm³/ano, seguido de culturas oleaginosas, principalmente de soja (82 Gm³/ano). Entre as culturas de cereais, o comércio de milho resultou na maior economia de água (71 Gm³/ano), seguido do trigo (67 Gm³/ano) e o arroz (27 Gm³/ano) (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

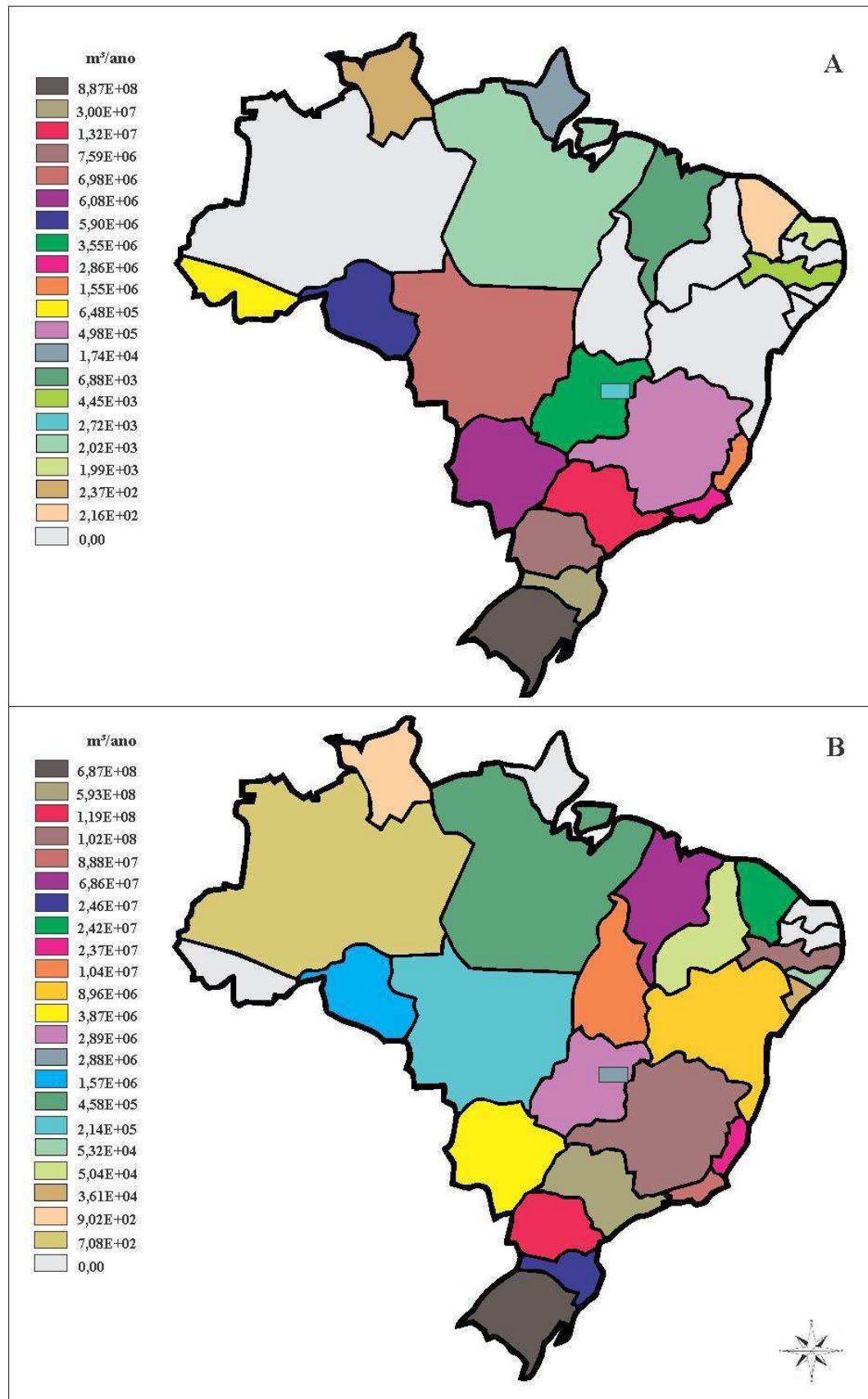


Figura 6. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m^3/ano) da commodity arroz

Os principais destinos das exportações de arroz do Brasil em 2013 foram: Cuba, Venezuela, Senegal, Serra Leoa, Benin, Nicarágua e Gâmbia (IRGA, 2012). A Tabela 5 exibe os valores que fazem referência aos países importadores e exportadores de água virtual deste cereal do Brasil. Verifica-se que estes países estão entre os dez que receberam a maior quantidade de água do Brasil, sendo o Senegal o maior consumidor, responsável por 184Mm³/ano de toda água virtual retirada do Brasil através da exportação do arroz.

As Américas, África e a Oceania tiveram taxas de crescimento anuais da importação de arroz acima de 7,5% (Gazzola et al., 2009). O continente africano é um dos principais destinos do arroz brasileiro, recebendo 598 Mm³/ano de água virtual, sendo o Senegal e Nigéria os principais países africanos importadores desta *commodity*, com participações de 19,03%, que corresponde a 184 Mm³/ano e 13,72%, que equivale a 133 Mm³/ano, respectivamente. A Oceania tem pouca participação nas exportações do arroz brasileiro, recebendo apenas 2,64 Mm³/ano de água virtual e as Américas recebem através da exportação de arroz 216 Mm³/ano e, por outro lado, na América do Sul a Venezuela é o país com maior expressividade, pois respondem por 49,3 Mm³/ano, já na América do Norte, os EUA é o responsável por receber a maior quantidade de água virtual através do arroz 5,79Mm³/ano e a América Central é representada por Cuba com 44,4Mm³/ano.

O consumo aparente per capita de arroz beneficiado no Brasil é de, aproximadamente, 46 kg/ano (CONAB, 2009). O país foi autossuficiente nas safras 2003/2004 e 2004/2005, porém voltou a ser deficitário nas safras seguintes, devido a variações na produção interna. Neste cenário, de acordo com Gazzola et al. (2009), surgem Uruguai e Argentina, que viram no grande mercado consumidor brasileiro um destino para suas exportações. Em 2008, o Brasil importou pouco mais de 188 milhões de kg de arroz da Argentina e 192 milhões de kg de arroz do Uruguai, representando 85% das importações totais de arroz do país naquele ano (MDIC, 2015). Na Tabela 5, onde constam os valores da água virtual exportada para o Brasil da *commodity* arroz, constata-se que Uruguai e a Argentina são os principais países responsáveis pelo envio de água virtual para o Brasil, na ordem de 1,5 Gm³/ano, que corresponde a, aproximadamente, 80% do total importado pelo país. A Tailândia deve voltar a ser o maior exportador mundial de arroz em 2015, após ficar atrás dos concorrentes Vietnã e Índia nos últimos anos (CONAB, 2014). O Brasil importa da Tailândia 41,4 Mm³/ano de água virtual, conforme dados da Tabela 5.

Tabela 5. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* arroz

Países importadores de arroz do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Senegal	1,84E+08	19,03
Nigéria	1,33E+08	13,72
Benin	9,04E+07	9,35
Suíça	7,01E+07	7,25
Gâmbia	6,79E+07	7,03
Venezuela	4,93E+07	5,10
Cuba	4,44E+07	4,59
África do Sul	4,00E+07	4,14
Serra Leoa	3,63E+07	3,75
Nicarágua	1,87E+07	1,94
Haiti	1,79E+07	1,86
Trinidad e Tobago	1,77E+07	1,83
Bolívia	1,69E+07	1,75
Angola	1,38E+07	1,43
Argentina	1,30E+07	1,34
Países Baixos (Holanda)	1,21E+07	1,25
Chile	1,04E+07	1,08
Peru	9,86E+06	1,02
Espanha	8,85E+06	0,92
Libéria	8,68E+06	0,90
Bélgica	8,44E+06	0,87
Outros países	9,52E+07	9,85
Países exportadores de arroz do Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	8,61E+08	46,16
Argentina	6,46E+08	34,66
EUA	1,50E+08	8,02
Paraguai	1,34E+08	7,16
Tailândia	4,14E+07	2,22
Vietnã	1,77E+07	0,95
Bermudas	2,96E+06	0,16
China	2,86E+06	0,15
Itália	2,12E+06	0,11
Israel	1,98E+06	0,11
Suíça	1,42E+06	0,08
Suriname	1,11E+06	0,06
Egito	8,36E+05	0,04
Guiana	7,15E+05	0,04
África do Sul	4,43E+05	0,02
Áustria	3,38E+05	0,02
Turcas e Caicos, Ilhas	1,62E+05	0,01
Índia	1,05E+05	0,01
Outros países	3,25E+05	0,02

4.5. Fluxo de água virtual da commodity feijão no Brasil

De acordo com a FAO (2015), a produção brasileira de feijão em 2010 foi de 3,15 milhões de toneladas. O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, responde por 17% da produção mundial. Na 2ª posição está Mianmar 14% e na 3ª colocação encontra-se a Índia 12%. A região Sul é a maior produtora brasileira de feijão na safra 2010/2011, a produção chegou a 1,1 milhão de toneladas e respondeu por aproximadamente 29% da produção nacional, com destaque para o Paraná com participação em torno de 22% do total nacional. Em 2º lugar vem o Sudeste com 25,6% e uma produção de 968.100 mil toneladas. Na 3ª colocação está o Nordeste com 961.100 mil toneladas de feijão e 25,4% da produção brasileira (Salvador, 2011). Apesar da grande produção apenas uma pequena margem do feijão brasileiro é exportado.

A Figura 7A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* feijão produzida no Brasil. É possível observar que o país envia por meio de exportação do grão 48,6 Mm³/ano de água virtual, um número aproximadamente quatro vezes menor se comparado à *commodity* arroz. Os Estados do Mato Grosso, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul respondem por 89,21% de toda água virtual exportada do arroz, que corresponde a 43,3 Mm³/ano.

A Figura 7B, que exibe a distribuição espacial da água virtual importada em da *commodity* feijão para o Brasil, evidencia que o Estado do Paraná recebe sozinho 240 Mm³/ano de água virtual, ou seja, 40% do total, seguidos pelos Estados de São Paulo (20%), Rio de Janeiro (12%) e Santa Catarina (11%). Portanto, como os números de exportações do feijão é bem inferior aos de importações, o Brasil possui um saldo negativo de água virtual na ordem de 542,95 Mm³/ano. Segundo o Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC/Alice, 2015), no período de 2006 a 2011, em torno de 61% do feijão total importado foi destinado ao Estado do Paraná. O Brasil importou em média no período 133.954 mil toneladas, sendo que 81.598 mil toneladas foram destinadas ao Estado. Por outro lado, estudos encomendado pelo IBGE (2014), indicam um consumo alimentar médio de feijão per capita de 182,9 g/dia, logo se atualmente a população brasileira é de 202.768.562 habitantes, existe um consumo diário de feijão de aproximadamente 37,1 milhões kg/dia o que resulta em 146 bilhões de litros de água diários embutidos no consumo do grão.

Com relação ao fluxo de água virtual do feijão nas relações internacionais, verifica-se que existe uma importação líquida de água virtual no volume de 542,95 Mm³/ano para o Brasil, e, portanto, esses dados indicam que o país é dependente dessa cultura.

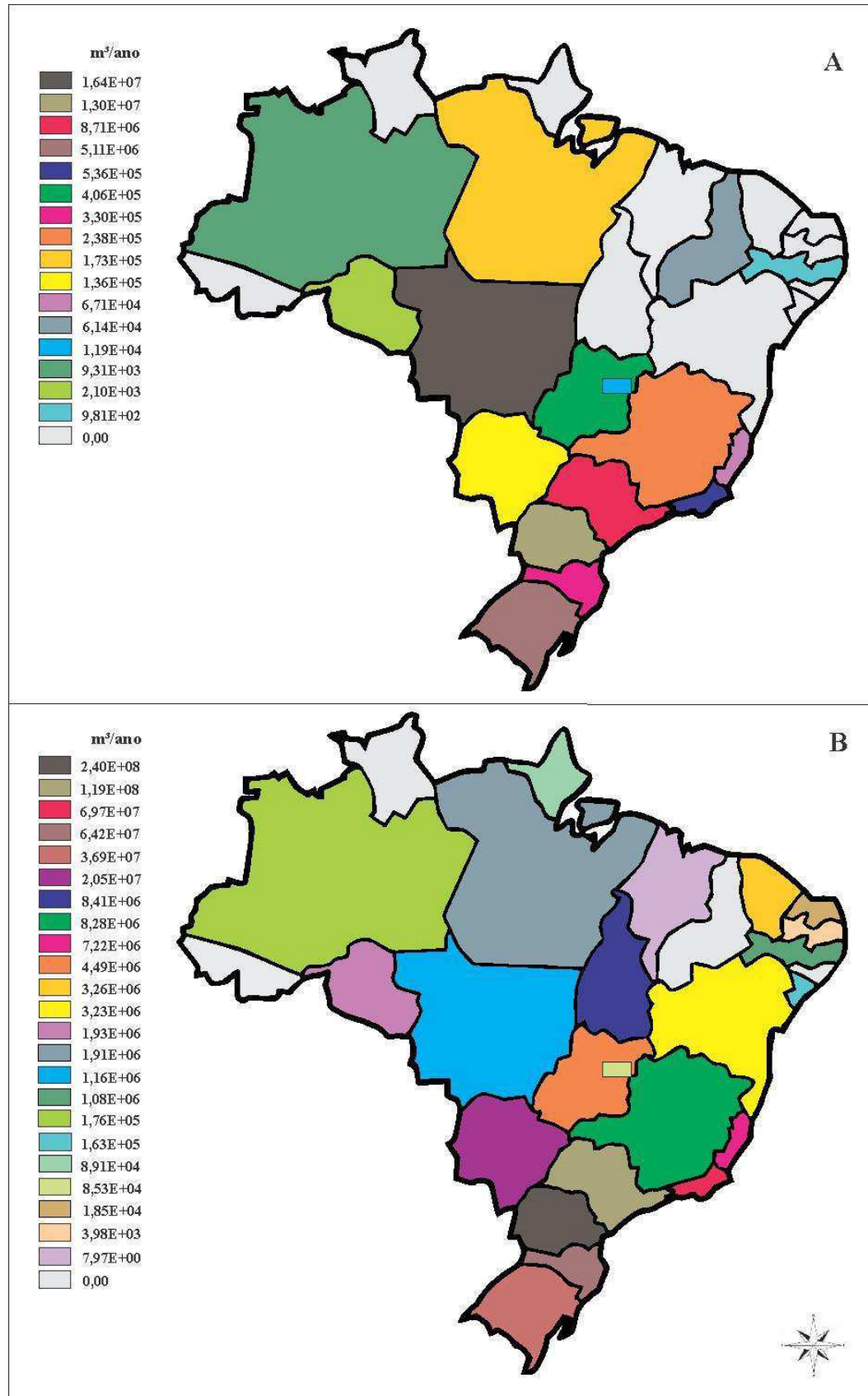


Figura 7. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity feijão

Há mais de 10 anos os cinco principais países exportadores de feijão no mundo são a China, Estados Unidos, Myanmar, Canadá e Argentina (FAO, 2007). Juntos, estes países exportam 73,5% do total mundial. O Brasil é considerado um grande produtor de feijão, mas sua exportação não é robusta comparada aos grandes exportadores devido ao alto consumo interno do grão. Salvador (2011) afirma que o plantio de feijão é estendido a todos os estados brasileiros, no sistema solteiro ou consorciado com outras culturas. Ainda segundo o autor o feijão é uma cultura de subsistência em propriedades pequenas, mas adotada também em sistemas de produção que requerem o uso de tecnologias intensivas como a irrigação, controle fitossanitário e colheita mecanizada.

Embora o Brasil não esteja entre os grandes países exportadores, são retirados do país através do feijão 48,6 Mm³/ano de água virtual (Tabela 6). Essa tabela que exibe ainda os países importadores de água virtual deste grão do Brasil permite constatar que os países como Índia, Egito, África do Sul, Angola e Países Baixos (Holanda) são os que mais recebem essa água, totalizam juntos, aproximadamente, 77% do total. Apesar dos EUA e o Canadá, considerados grandes países exportadores, receberem boa quantidade de água virtual do Brasil, juntos computam 1,7 Mm³/ano. Neste contexto, segundo Salvador (2011) os seis maiores importadores de feijão são Índia, México, EUA, Reino Unido, Brasil e Japão. Juntos esses países importaram em torno de 1,7 milhão de toneladas e representam 66% das importações mundiais.

Segundo a Embrapa Arroz e Feijão (2005), no período de 1984 a 2004 a área de plantio de feijão no Brasil sofreu uma redução de cerca de 25%; a produção, contudo, aumentou em 16%, graças ao incremento de 54% na produtividade média. Não obstante esse aumento, a produção não é suficiente para atender ao mercado interno, cuja demanda teve um acréscimo de 31%, nesse mesmo período, devido principalmente, ao aumento da população. Isto explica a razão pela qual o Brasil importa cerca de 100 mil toneladas de feijão por ano, mesmo produzindo 3 milhões de toneladas anualmente. Ainda de acordo com a Tabela 6 pode ser observado que o país recebe mais água virtual do que envia, tendo portanto um saldo negativo na ordem de 542,95 Mm³/ano. Argentina, China e Bolívia são os principais responsáveis pelo envio dessa água, com uma participação de 96% do total, sendo a Argentina o país com a maior contribuição, 387 Mm³/ano de toda água virtual importada para o Brasil. Já os EUA e Canadá exportam juntos para o Brasil apenas 10,71 Mm³/ano de água virtual.

Tabela 6. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* feijão

Países importadores de feijão do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Índia	1,44E+07	29,57
Egito	7,75E+06	15,95
África do Sul	6,69E+06	13,77
Angola	4,37E+06	8,99
Países Baixos (Holanda)	4,13E+06	8,50
Venezuela	1,69E+06	3,48
EUA	1,39E+06	2,87
Japão	1,25E+06	2,57
Portugal	1,11E+06	2,28
Uruguai	5,62E+05	1,16
Emirados Árabes Unidos	4,70E+05	0,97
Paraguai	3,97E+05	0,82
Turquia	3,69E+05	0,76
Itália	3,56E+05	0,73
Canadá	3,11E+05	0,64
Sérvia	2,47E+05	0,51
Espanha	2,33E+05	0,48
Reino Unido	2,04E+05	0,42
Costa Rica	2,01E+05	0,41
República Dominicana	1,82E+05	0,37
Outros países	2,31E+06	4,76
Países exportadores de feijão para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,87E+08	65,43
China	1,07E+08	18,04
Bolívia	7,35E+07	12,42
EUA	6,80E+06	1,15
Chile	5,16E+06	0,87
Canadá	3,91E+06	0,66
Peru	2,24E+06	0,38
Canal, do Ilha (Guernsey)	1,37E+06	0,23
Paraguai	1,24E+06	0,21
Suíça	1,18E+06	0,20
Hong Kong	5,18E+05	0,09
Cingapura	5,02E+05	0,08
África do Sul	4,63E+05	0,08
Países Baixos (Holanda)	2,17E+05	0,04
Bermudas	1,35E+05	0,02
Austrália	1,17E+05	0,02
Belize	1,17E+05	0,02
Emirados Árabes Unidos	9,97E+04	0,02
Uruguai	5,74E+04	0,01
Outros países	1,96E+05	0,04

4.6. Fluxo de água virtual da commodity açúcar no Brasil

A Figura 8A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada (m^3/ano) da commodity açúcar do Brasil. Observa-se que os estados que compõem a região Centro-Sul são responsáveis pela exportação do açúcar em $10,6 \text{ Gm}^3/\text{ano}$ de água virtual, sendo que o estado de São Paulo sozinho responde por $7,16 \text{ Gm}^3/\text{ano}$ do total da água exportada da região. Os números que representam a região Norte-Nordeste estão na ordem de $3,75 \text{ Gm}^3/\text{ano}$ de água virtual; nesta região o estado de Alagoas lidera o ranking com uma demanda de $1,67 \text{ Gm}^3/\text{ano}$ da água virtual exportada. Portanto, as duas regiões mais produtoras respondem juntas por 99,85% do total da água virtual exportada. Muito embora a Bahia esteja como um dos estados mais produtores, não existe dado de exportação para esse estado em face de toda a sua produção ser consumida internamente. No contexto geral das exportações, a produção brasileira de açúcar tem crescido bastante. De acordo com o MAPA (2007), entre as safras 1993/1994 e 2003/2004, houve crescimento de aproximadamente 130%. Assim, as exportações promovidas pela região Centro-Sul têm aumentado significativamente. Na safra 2007/2008, a região Centro-Sul, compreendida pelos Estados de São Paulo, Paraná, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo respondeu por 85% da produção de açúcar, enquanto a região Norte-Nordeste representada pelos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte e Bahia responderam pelos 15% restantes da produção.

O consumo de açúcar no Brasil cresceu significativamente nos últimos 60 anos. Em 6 décadas o brasileiro passou de um consumo médio de açúcar de $15 \text{ kg}/\text{hab}$ para $50 \text{ kg}/\text{hab}$ (Faria et al., 2006). Devido a esse aumento, o Brasil tornou-se um dos maiores consumidores mundiais do produto *per capita*. Cada brasileiro consome entre 51 e 55 quilos de açúcar por ano, enquanto a média mundial por habitante corresponde a 21 quilos por ano (MAPA, 2007). Portanto, calculando a média anual de consumo de açúcar do brasileiro conclui-se que são gastos anualmente 67.045 litros de água por habitante. Com relação à Figura 8B, observa-se a distribuição espacial da água virtual importada da commodity açúcar para o Brasil evidenciando que o país recebe uma pequena quantidade de água virtual através da importação do açúcar, apenas $7,98 \text{ Km}^3/\text{ano}$, sendo São Paulo o estado que mais se beneficia desta água, aproximadamente, 70% do total.

O fluxo de água virtual analisado neste estudo para a commodity açúcar resultou em uma exportação líquida num volume de $14,4 \text{ Gm}^3/\text{ano}$ de água virtual, que indica que o país é autossuficiente para esse produto.

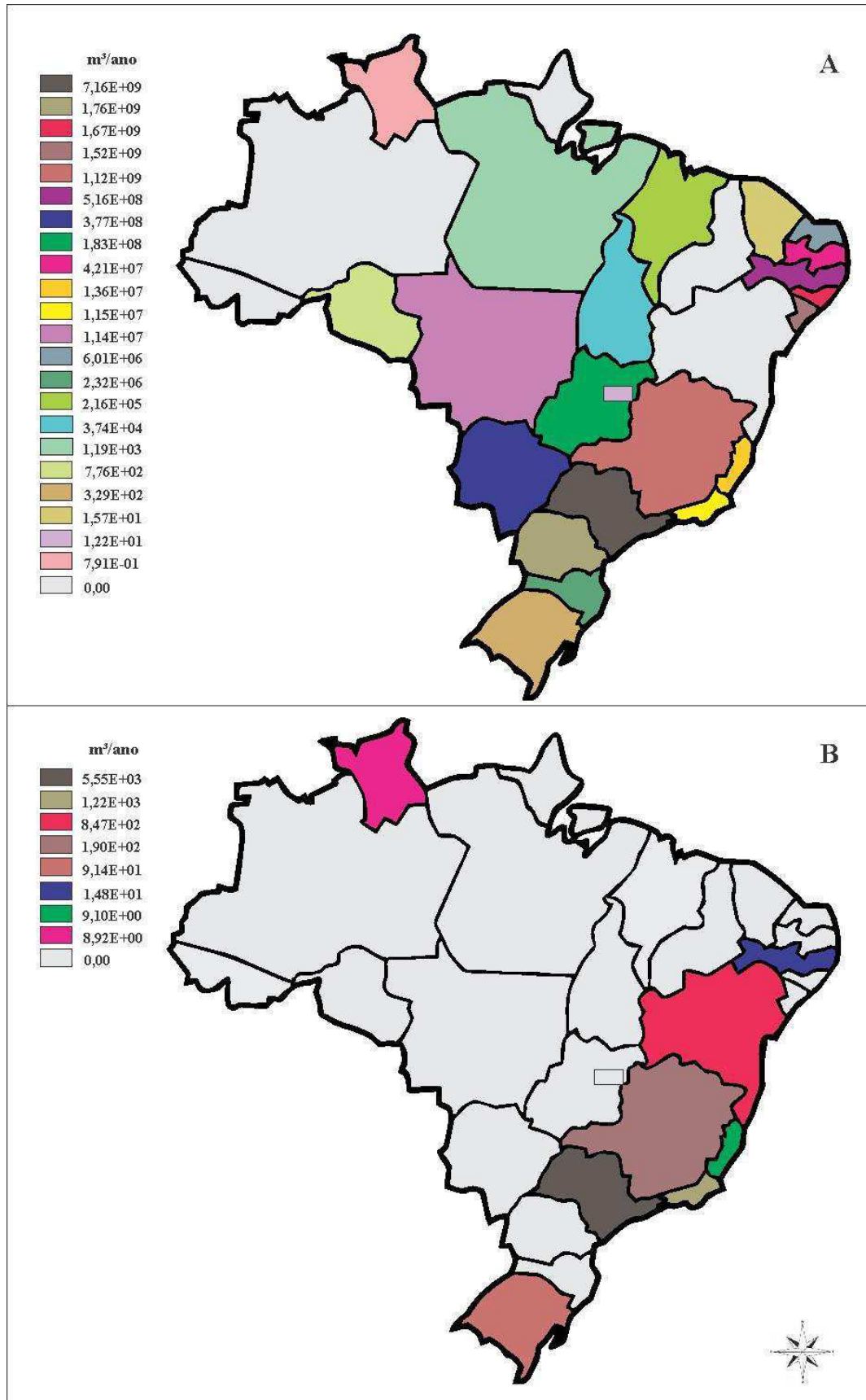


Figura 8. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* açúcar

O principal mercado para o açúcar brasileiro é a Rússia. Em 2006, o país importou 25% da produção brasileira de açúcar, somando um volume de 4,2 milhões de toneladas no ano. Seguidos da Nigéria, 8%; Emirados Árabes Unidos, 6%; Canadá, 5%; Arábia Saudita, 5%; Egito, 4%; Marrocos, 4%; Malásia, 4%; Argélia, 3% e Índia, 3% (Rodrigues, 2007). Este ranking coopera com este estudo, pois quando se observa a Tabela 7, constata que os países importadores de água virtual do açúcar do Brasil são os mesmos países que mais recebem água virtual do país, na ordem de 10,1 Gm³/ano, sendo que a Rússia responde por 27,8% do total. Na Tabela 7, ainda podem ser observados os países exportadores de água virtual do açúcar para o Brasil, o Paraguai é o país que envia a maior quantidade de água virtual, correspondendo a 3,7 Km³/ano o que equivale a 46,39% do total.

Tabela 7. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* açúcar

Países importadores de açúcar do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Rússia	4,00E+09	27,79
Egito	8,64E+08	6,00
Índia	7,76E+08	5,39
Canadá	7,61E+08	5,28
Argélia	7,19E+08	4,99
Irã	6,87E+08	4,77
Nigéria	6,33E+08	4,39
Marrocos	6,26E+08	4,35
Malásia	6,14E+08	4,27
Emirados Árabes Unidos	5,78E+08	4,01
Arábia Saudita	5,16E+08	3,59
China	4,84E+08	3,36
Bangladesh	4,38E+08	3,04
Indonésia	3,87E+08	2,69
Outros países	2,70E+09	16,08
Países exportadores de açúcar para o Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Paraguai	3,70E+03	46,39
Suíça	1,29E+03	16,22
EUA	9,12E+02	11,43
Itália	8,93E+02	11,20
Países Baixos (Holanda)	4,24E+02	5,31
Bélgica	1,83E+02	2,29
França	1,04E+02	1,31
Argentina	9,77E+01	1,22
Hong Kong	7,57E+01	0,95
Outros países	2,94E+02	3,70

4.7. Fluxo de água virtual da commodity centeio no Brasil

A Figura 9A apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* centeio do Brasil. Verifica-se que a região Sul é a única responsável por enviar um total de 60 Km³/ano de água virtual para outros países. A distribuição espacial da água virtual importada centeio para o Brasil está exibida na Figura 9B, onde pode ser observado que apenas a região Sul é beneficiada com a entrada da água virtual de outros países através do centeio, totalizando 18,9 Km³/ano de água virtual. Contudo, o país envia mais água virtual através do grão do que recebe, existindo um déficit de 41,1 Km³/ano. A produção brasileira do centeio se concentra na região Sul, em face da resistência a baixas temperaturas, inicia a atividade fisiológica de crescimento a partir de 0°C (Baier, 1988); O centeio é sensível à temperatura elevada durante a floração e a formação de grãos, além de que a moagem dos seus grãos tem maior consumo energético e há restrições na aceitação dos seus derivados (Baier, 1994).

O comércio internacional do centeio é restrito e pequeno. Dados apresentado pelo MAPA (2012) informam que na década de 2000 a quantidade média anual exportada foi de 753 mil toneladas, o que equivale a 4,4% da produção mundial do cereal. No período de 2010-2012 a quantidade foi ainda menor, média anual de 461 mil toneladas (3,7% da produção total). Já na década de 1990, as transações comerciais envolvendo o centeio alcançaram, em média, 7,3% do total produzido. Na safra 1994/95 o total exportado do cereal chegou a 2,7 milhões de toneladas, maior registro de exportação, correspondendo a 12,7% do total produzido. A Tabela 8, que exhibe os países importadores e exportadores de água virtual de centeio, evidencia que 93,07% de toda água virtual exportada do Brasil tem como destino a Argentina, que recebe 55,9 Km³/ano, além de ser também o país que envia a maior quantidade de água virtual para o Brasil, cerca de 18,8 Km³/ano, representando 99,95% do total.

Tabela 8. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* centeio

Países importadores de centeio do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	5,59E+04	93,07
Bélgica	4,09E+03	6,82
Angola	6,55E+01	0,11
Países exportadores de centeio para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	1,88E+04	99,95
EUA	9,12E+00	0,05

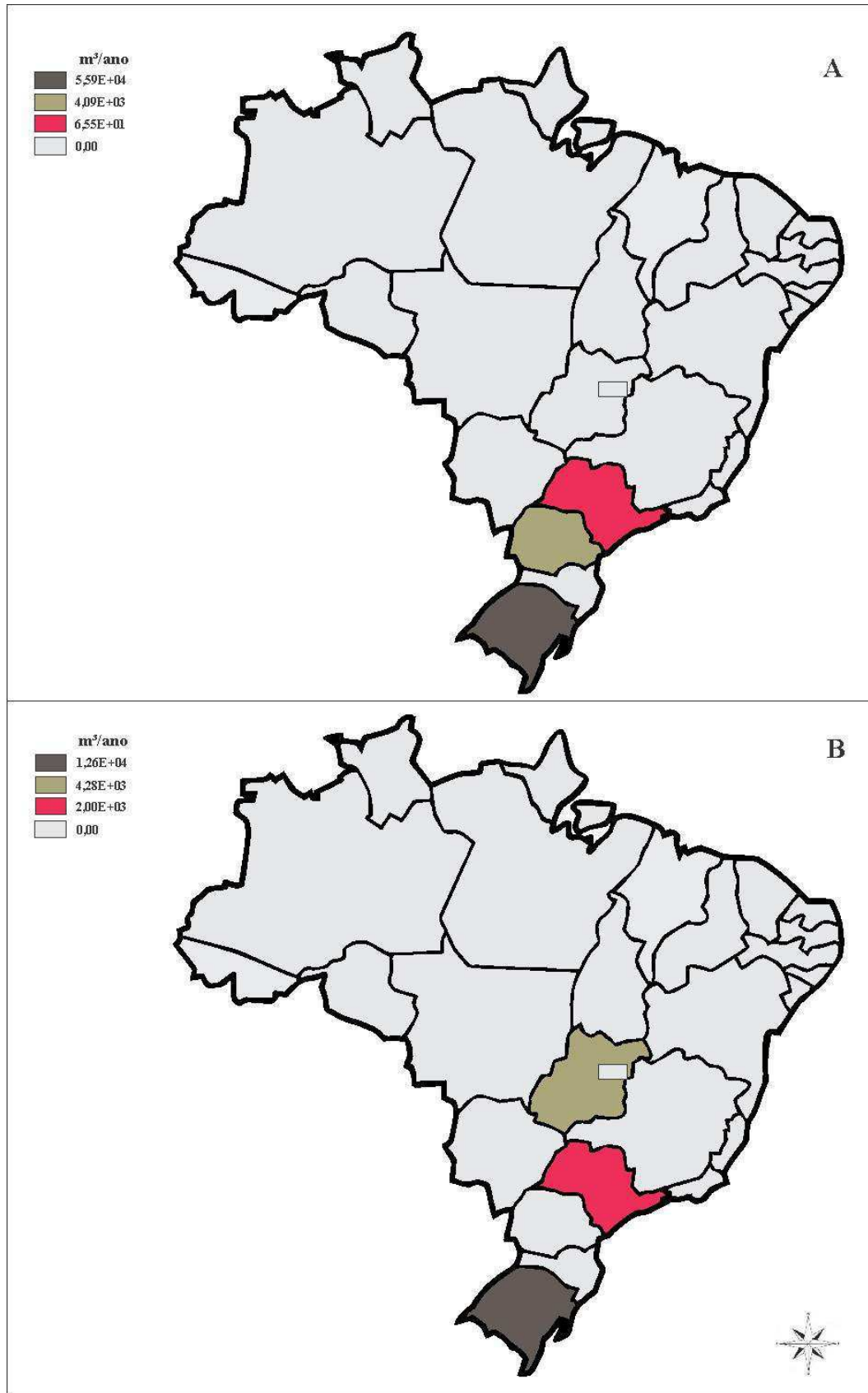


Figura 9. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m^3/ano) da *commodity* centeio

4.8. Fluxo de água virtual da commodity cevada no Brasil

Condições de clima favoráveis à produção de grãos com qualidade cervejeira, prevalentes em regiões de alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e de temperaturas amenas durante as fases de formação, enchimento e maturação dos grãos, definem as áreas aptas ao cultivo de cevada para malte cervejeiro, a Região Sul do Brasil tem sido responsável pela produção do cereal no país nos últimos 30 anos (MAPA, 2012). De modo geral, por ser uma cultura típica de clima frio, a cevada é uma opção como cultura de inverno para os produtores de grãos da Região Sul do Brasil (De Mori et al., 2007). O estado do Rio Grande do Sul tem sido o maior estado produtor do grão. Na média do período de 1997 - 2006 o Rio Grande do Sul foi responsável por 65,3% da quantidade produzida de cevada no país, o Paraná, Santa Catarina e Goiás representaram 31,6; 2,3 e 0,8%, respectivamente (De Mori et al., 2007). Como pode ser observado na Figura 10A, que apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada (m^3 /ano) da *commodity* cevada para o Brasil, os estados do Rio Grande do Sul e Paraná respondem juntos a praticamente 100% da água virtual total que sai do país através da exportação da cevada. Segundo o MAPA (2012) isso está associado ao fato que no Brasil a cevada é cultivada em escala comercial exclusivamente para uso na fabricação de malte, principal matéria prima da indústria cervejeira. Em média, 75% do volume da cevada produzida anualmente é aproveitado na fabricação de malte e 95% deste é destinado para fins cervejeiros. A expansão da cultura da cevada no Brasil é relativamente recente e deve-se em grande parte as iniciativas da indústria cervejeira que fomentou a produção nacional para garantir oferta e pelo encarecimento do produto externo na década de 1970 (De Mori et al., 2012)

Na Figura 10B, onde é exibida a distribuição espacial da água virtual importada (m^3 /ano) da cevada para o Brasil, é possível verificar uma maior quantidade de água virtual enviada para o país através da importação do grão (cerca de 290 Mm^3 /ano). Portanto, o país obtém um saldo negativo de 28 Mm^3 /ano. Embora a região Sul seja a de maior produção e exportação do grão é também a maior importadora, recebe 67,09% do total, que corresponde a 194 Mm^3 /ano de água virtual. Para o Estado de São Paulo são enviados 91 Mm^3 /ano, enquanto que Rondônia, Pará e Bahia, respondem por 4,41 Mm^3 /ano; 2,6 Km^3 /ano e 824 m^3 /ano, respectivamente. Neste contexto, estudos realizados por Seixas (2011) apontam que a cevada é um dos produtos que apresenta o valor mais elevado de consumo de água por quantidade de produto, situação que contribui em grande parte para a elevada pegada hídrica de Portugal evidenciando a grande importância do uso de água da agricultura do país.

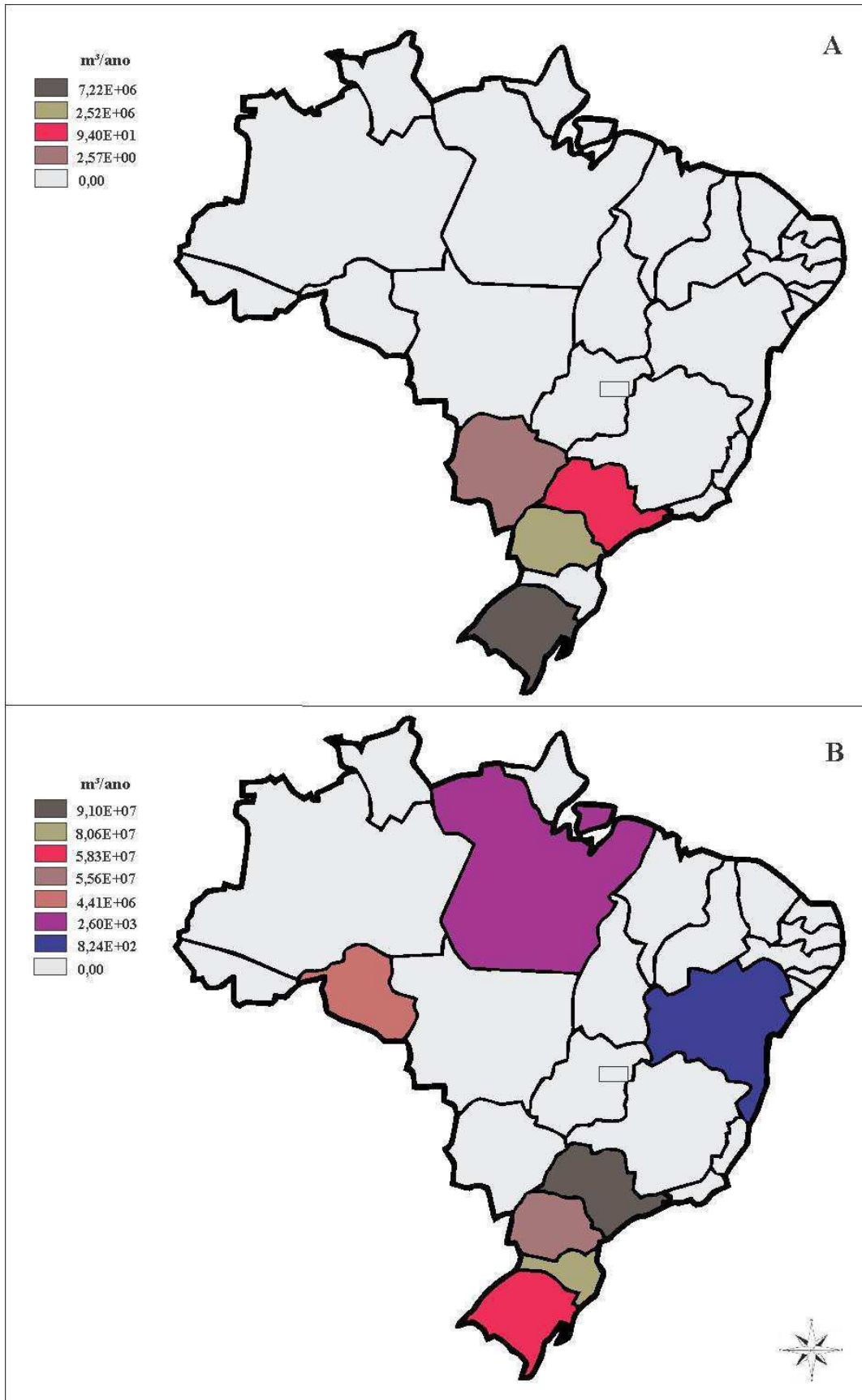


Figura 10. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity cevada

Os 10 maiores produtores mundiais de cevada são: União Europeia, Rússia, Ucrânia, Austrália, Canadá, Turquia, Estado Unidos, Argentina, Irã e China. Esse conjunto responde por aproximadamente 85% da produção mundial (De Mori et al., 2012). Na União Europeia, a Alemanha, a França e a Espanha respondem por, aproximadamente, 58% da produção do bloco. O comércio internacional de cevada é de aproximadamente 16 milhões de toneladas e os principais países importadores mundiais são Arábia Saudita (42,6%), China (9,9%), Japão (8,0%), Irã (4,7%) e Síria (3,4%). Como pode ser observado na Tabela 9, onde constam os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* cevada, a Arábia Saudita responde por 75,33% de toda água virtual retirada do Brasil através da exportação da cevada; isso representa 7,34 Mm³/ano. Por sua vez os principais países exportadores do grão são Ucrânia (26,3% do mercado de exportação), Austrália (22,0%), União Europeia (17,7%), Rússia (11,1%) e Argentina (7,1%), os quais detêm aproximadamente 70% do mercado mundial de cevada.

De Mori et al. (2012) afirmam que para complementação da demanda interna, anualmente, cevada, malte e extrato de malte são importadas pelo Brasil. O consumo anual de malte pela indústria cervejeira está estimado em 1,3 milhão de toneladas, sendo aproximadamente, 85% desta demanda suprida através de importações de grãos e malte da Argentina e do Uruguai, principais fornecedores. Ainda de acordo com a Tabela 9 é possível observar que a Argentina e o Uruguai enviam juntos para o Brasil 245,3 Mm³/ano de água virtual, correspondendo a aproximadamente 85% do total, os outros 15% estão distribuídos entre França, 10,96%; Alemanha, 2,47%; Suécia, 0,94%; Irlanda, 0,66% e Dinamarca, 0,39%.

Tabela 9. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* cevada

Países importadores de cevada do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Arábia Saudita	7,34E+06	75,33
Portugal	2,40E+06	24,67
Outros países	5,86E+02	0,01
Países exportadores de cevada para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	2,13E+08	73,42
Uruguai	3,23E+07	11,16
França	3,18E+07	10,96
Alemanha	7,17E+06	2,47
Suécia	2,72E+06	0,94
Irlanda	1,91E+06	0,66
Dinamarca	1,13E+06	0,39

4.9. Fluxo de água virtual da commodity carne bovina no Brasil

A distribuição espacial da água virtual exportada (m^3 /ano) da *commodity* carne bovina do Brasil encontra-se na Figura 11A. Observa-se que o Estado de São Paulo envia do país 5,43 Gm^3 /ano de água virtual, seguidos de Goiás com 1,61 Gm^3 /ano, o Estado de Mato Grosso, considerado o estado com maior efetivo bovino (IBGE, 2015), contribui com uma demanda de 1,52 Gm^3 /ano, Mato Grosso do Sul com 936 Mm^3 /ano, Minas Gerais fornece 641 Mm^3 /ano, o estado da Paraíba colabora com 949 Km^3 /ano de água virtual e os demais estados cooperam com 1,58 Gm^3 /ano, totalizando 11,7 Gm^3 /ano de água virtual exportada através da carne bovina. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2015), as exportações brasileiras de carne bovina em 2013 somaram 1,36 milhão de toneladas. Esse resultado superou os números de 2012, quando foram exportadas 1,24 milhão de toneladas. Em relação ao mesmo período de 2012, as exportações cresceram 20,1% em volume. São Paulo lidera o ranking dos estados exportadores, em seguida estão Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul e Rondônia.

A Figura 11B exibe a distribuição espacial da água virtual importada (m^3 /ano) da *commodity* carne bovina para o Brasil. Apesar de ser o maior exportador global de carne bovina, o país importa uma boa quantidade de carne bovina recebendo um total de 628 Mm^3 /ano de água virtual, sendo Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rio Grande do Sul, os estados que recebem a maior quantidade de água virtual, na ordem de 149, 135 e 127 Mm^3 /ano cada um, respectivamente.

Segundo Silva et al. (2013), para o caso específico da carne vermelha, considera-se um sistema industrial de produção de carne bovina que leva três anos para se abater um animal e produzir 200 kg de carne desossada. Aceita-se que o animal tenha consumido 1.300 kg de ração, 7.200 quilogramas de forragem, 24 m^3 de água para dessedentação e 7 m^3 de água para limpeza geral. Isto significa que, para cada quilograma de carne desossada, são utilizados 6,5 kg de ração, 36 kg de forragem e 155 L de água de beber. A produção de todo este sustento tem embutidos 15.497 m^3 /ton (média global) de água para a produção da carne bovina (Chapagain & Hoekstra, 2004). O Brasil é um grande produtor mundial de proteína animal e tem no mercado interno o principal destino de sua produção. Segundo ABIEC (2015) o consumo anual *per capita* de carne bovina são 39,2 kg. Dessa forma a quantidade de água embutida na produção da carne bovina consumida no Brasil anualmente gira em torno de 664.871 litros de água para cada habitante.

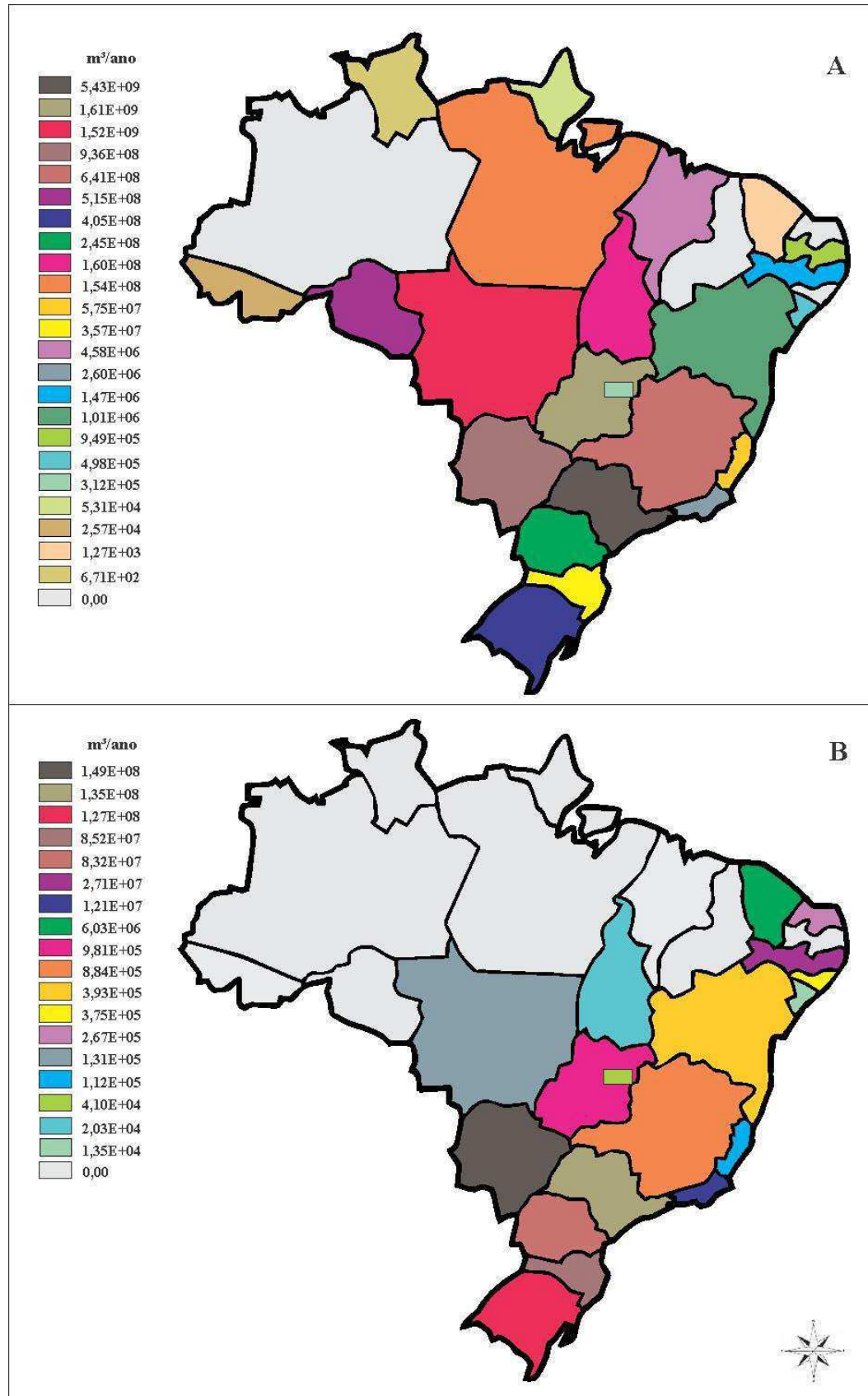


Figura 11. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* carne bovina

Os principais compradores da carne bovina brasileira são Hong Kong, com participação de 21,8% do total vendido, seguido da Rússia (18,66%), Venezuela (11,95%), do Egito (7,52%) e Chile (6,1%) (MDIC, 2015). O número de países para os quais o Brasil vende carne bovina aumentou de 106 para 142, entre os anos 2000 e 2013. Um exemplo desse crescimento é a Rússia. No ano 2000, não havia exportações brasileiras de carne bovina para aquele mercado. Em 2013, a Rússia passou a ser o segundo principal destino da carne brasileira. Na Tabela 10 são apresentados os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* carne bovina. Pode-se verificar que apesar da Rússia só fazer parte do destino da carne bovina brasileira a partir de 2013, é o país que mais se beneficia da quantidade de água virtual retirada do Brasil através da exportação desta *commodity*, com um total de aproximadamente 3 Gm³/ano. Por sua vez, os países que contribuem com a entrada da água virtual no Brasil estão concentrados na América do Sul, principalmente Uruguai, Paraguai e Argentina que respondem juntos por 97,75% do total importado.

Tabela 10. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* carne bovina

Países importadores de carne bovina do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Rússia	2,99E+09	25,43
Egito	1,37E+09	11,65
Irã	8,69E+08	7,40
Hong Kong	6,32E+08	5,38
Chile	6,27E+08	5,34
Países Baixos (Holanda)	4,59E+08	3,91
Arábia Saudita	4,51E+08	3,84
Itália	4,49E+08	3,83
Venezuela	4,42E+08	3,76
Argélia	3,55E+08	3,03
Reino Unido	3,52E+08	2,99
Israel	3,41E+08	2,90
Filipinas	2,28E+08	1,94
Líbano	1,87E+08	1,59
Outros países	2,00E+09	17,01
Países exportadores de carne bovina para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	2,52E+08	40,14
Paraguai	2,14E+08	34,07
Argentina	1,48E+08	23,54
EUA	8,12E+06	1,29
Austrália	4,87E+06	0,78
Outros países	9,08E+04	1,11

4.10. Fluxo de água virtual da commodity carne suína no Brasil

Os dados apresentados na Figura 12A, que exhibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* carne suína por todos os estados do Brasil, concordam com dados apresentados pelo DERAL (2013) quando afirma que a suinocultura na região sul é uma das atividades mais importantes, representa quase 50% de toda a produção nacional, é então responsável por enviar, aproximadamente, 2,03 Gm³/ano de água virtual. O Ceará é o único estado do Nordeste que envia água virtual através da exportação da carne suína, porém sem muita expressão pois contribui apenas com 116 m³/ano de um total de 2,46 Gm³/ano. Neste contexto, os 10 maiores produtores mundiais de carne suína são China, que detém 43,95% do mercado, Estados Unidos (9,95%), Alemanha (4,98%), Espanha (3,54%), Brasil (3,26%), Vietnã (2,55%), França (2,28%), Polônia (2,15%), Canadá (1,89%) e Rússia (1,87%) (Embrapa Suínos e Aves, 2010). Por outro lado, os dados do MAPA (2012) posicionaram o Brasil em quarto lugar no ranking de produção e exportação mundial de carne suína. A produção vem crescendo em torno de 4% ao ano, sendo os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul os principais produtores de suínos do país. Atualmente, o Brasil representa 10% do volume exportado de carne suína no mundo,

De acordo com Silva et al. (2013) em um sistema industrial da suinocultura, que leva em média 10 meses antes de um porco ser abatido, produz-se 90 kg de carcaça suína, 5 kg de miudezas comestíveis e 2,5 kg de pele. Um porco consome cerca de 385 kg de grãos (milho, cevada, farelo de soja, farelo de trigo e outros grãos pequenos), utilizando 11 m³ de água para beber e para manutenção da fazenda. Ainda segundo o autor, também é necessário mais 10 m³ de água durante o processo de abate e de limpeza. Para se produzir toda essa carne de porco são empregados 435 m³ de água, sendo esse volume total distribuído ao longo dos três principais produtos, tendo como base os seus valores de mercado e o produto obtido por kg do suíno vivo.

Atualmente no Brasil a carne suína ainda é pouco consumida comparativamente às demais fontes de proteína animal, principalmente a bovina e a de frango que tem um consumo expressivo. Segundo informações da Embrapa Suínos e Aves (2010), o consumo per capita anual de carne suína chegou a 14,7 kg. Dessa maneira, para o consumo de cada habitante, são utilizados aproximadamente 97.064 litros de água ao ano embutidos na produção do quilo da carne suína. A Figura 12B apresenta a distribuição espacial da água virtual importada (m³/ano) da *commodity* carne suína para o Brasil. A região Sul-Sudeste é a que mais recebe água virtual de outros países, respondendo por 83,24% do total, sendo que o Estado de São Paulo recebe 10,7% e os demais estados apenas 6,07%, que corresponde a 139 Km³/ano de água virtual.

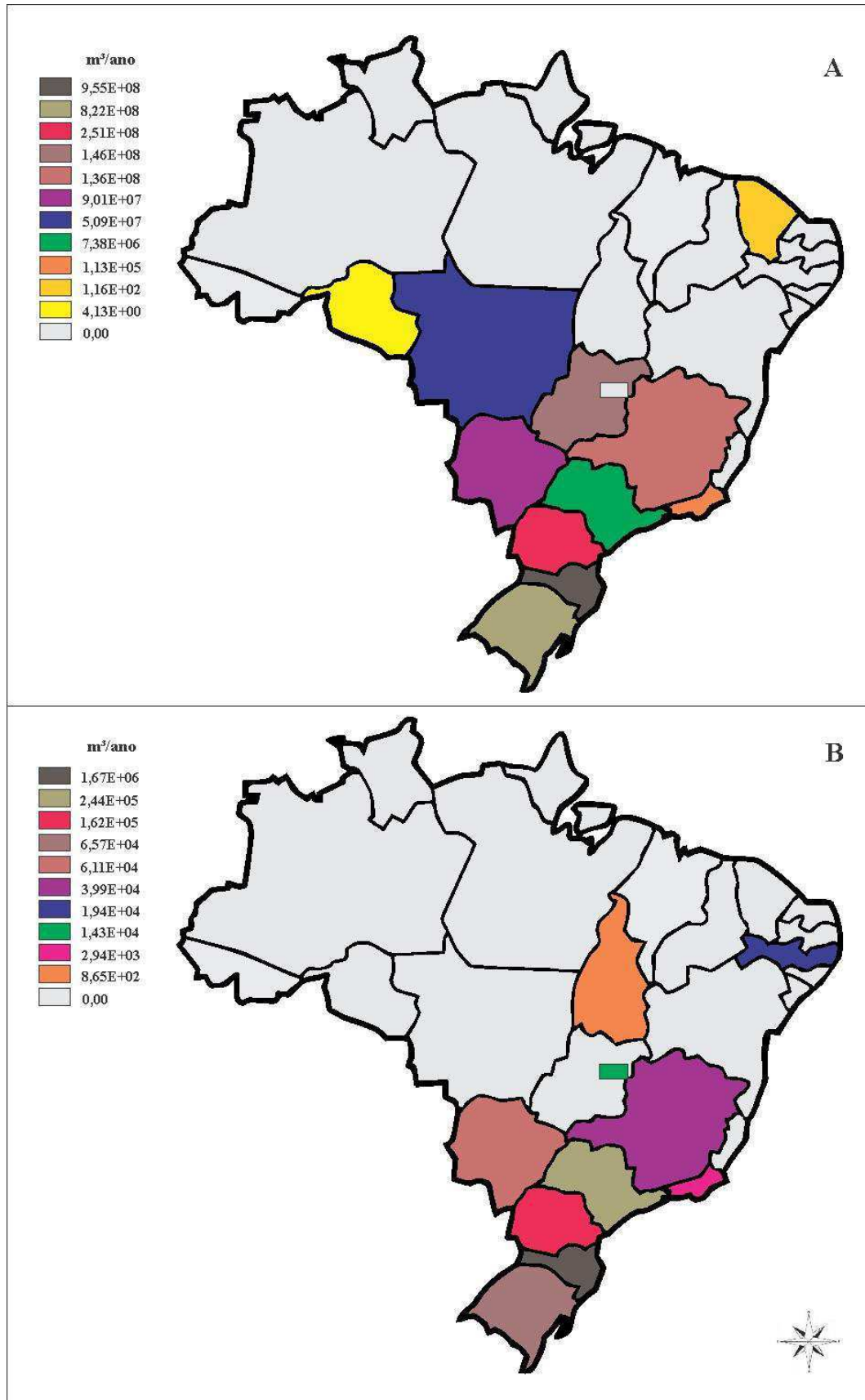


Figura 12. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* carne suína

A ABPA (2014) elenca os principais destinos da carne suína brasileira: Rússia, Hong Kong, Angola, Cingapura, Uruguai, Rep. da Geórgia, Chile e Argentina são os oito países de maiores expressões. Na Tabela 11, onde são exibidos os países importadores e exportadores de água virtual da carne suína, observa-se que estes países juntos recebem 80,33% de toda água virtual exportada, correspondendo a 1,97 Gm³/ano. Por sua vez, os EUA e o Canadá, o segundo e o nono, maiores produtores mundiais de carne suína enviam para o Brasil 2,13 Mm³/ano de água virtual, representando 93,1% do total.

Tabela 11. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* carne suína

Países importadores de carne suína do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Rússia	1,23E+09	50,19
Hong Kong	3,72E+08	15,14
Ucrânia	2,08E+08	8,45
Argentina	1,54E+08	6,25
Cingapura	9,91E+07	4,03
Angola	6,26E+07	2,55
Uruguai	5,32E+07	2,17
Moldávia	3,17E+07	1,29
Albânia	2,82E+07	1,15
Emirados Árabes Unidos	2,08E+07	0,85
Países Baixos (Holanda)	2,05E+07	0,83
Geórgia	2,01E+07	0,82
África do Sul	1,68E+07	0,68
Armênia	1,46E+07	0,60
Cazaquistão	1,37E+07	0,56
Venezuela	1,24E+07	0,51
Haiti	1,22E+07	0,50
Antilhas Holandesas	7,69E+06	0,31
Bulgária	7,26E+06	0,30
Outros países	7,01E+07	2,87
Países exportadores de carne suína para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Canadá	1,76E+06	77,11
EUA	3,65E+05	15,99
Itália	5,85E+04	2,56
Alemanha	4,23E+04	1,85
África do Sul	2,12E+04	0,93
Argentina	1,30E+04	0,57
Chile	9,57E+03	0,42
Espanha	6,53E+03	0,29
Suécia	4,75E+03	0,21
Portugal	1,21E+03	0,05
França	5,64E+02	0,02

4.11. Fluxo de água virtual da commodity carne de frango no Brasil

Na Figura 13A é verificada a distribuição espacial da água virtual exportada (m^3/ano) da *commodity* carne de frango do Brasil. A região Sul do país é a maior exportadora de água virtual com um total de $8,16 Gm^3/ano$, seguido do Estado de São Paulo com $693 Mm^3/ano$. Na região Nordeste, para o período de estudo, surge o Estado do Ceará com a contribuição na ordem de $11,7 Mm^3/ano$ de água virtual. A produção de carne de frango, de acordo com o Relatório Anual 2012 da União Brasileira de Avicultura (UBABEF, 2012) chegou a 13,058 milhões de toneladas em 2011, em um crescimento de 6,8% em relação a 2010. Com esta performance o Brasil está cada vez mais próximo da China, que hoje é o segundo maior produtor mundial, cuja produção de 2011 teria somado 13,2 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos, com 16,757 milhões de toneladas, conforme projeções do Departamento de Agricultura dos EUA. Do volume total de frangos produzido pelo país, 69,8% foi destinado ao consumo interno e 30,2% para exportações. Com isso, o consumo anual per capita de carne de frango atingiu 47,4 Kg por pessoa, um novo recorde para o setor. Representando um gasto de água embutida em sua produção de 212.067 litros por pessoa anualmente. Silva et al. (2013) afirmam que no caso específico do frango considera-se um sistema industrial de produção que leva em média 10 semanas antes de abater o animal e produzir 1,7 kg de carne branca. Segundo Mekonnen & Hoekstra (2010), a ave consome aproximadamente 3,3 kg de ração e 30 L de água no processo produtivo. Portanto, para cada 1 kg de frango são utilizados cerca de 2 kg de grãos e 20 L de água potável durante todo o ciclo de produção (Silva et al., 2013). Por outro lado, os dados do MAPA (2012) asseguram que a região Sul é destaque na produção da carne de frango com 61,53% de toda produção brasileira, São Paulo encontra-se na quarta posição do ranking brasileiro possuindo 14,49% da produção, sendo que a região Nordeste contribui com apenas 1,35% representados pelos estados da Bahia, Paraíba e Pernambuco.

A Figura 13B apresenta a distribuição espacial da água virtual importada (m^3/ano) da carne de frango para o Brasil. A região Sul continua com a maior expressão também em relação à importação, recebendo 86,54% do total de água virtual; porém a região Nordeste, representada pelos Estados do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte somam, aproximadamente, 4,7% do total de água virtual que entra no país através da importação da carne de frango.

A análise do fluxo de água virtual para a *commodity* carne de frango no Brasil calculada neste estudo resultou em uma exportação líquida de $10,4 Gm^3/ano$, indicando que o país não tem nenhuma dependência desse produto.

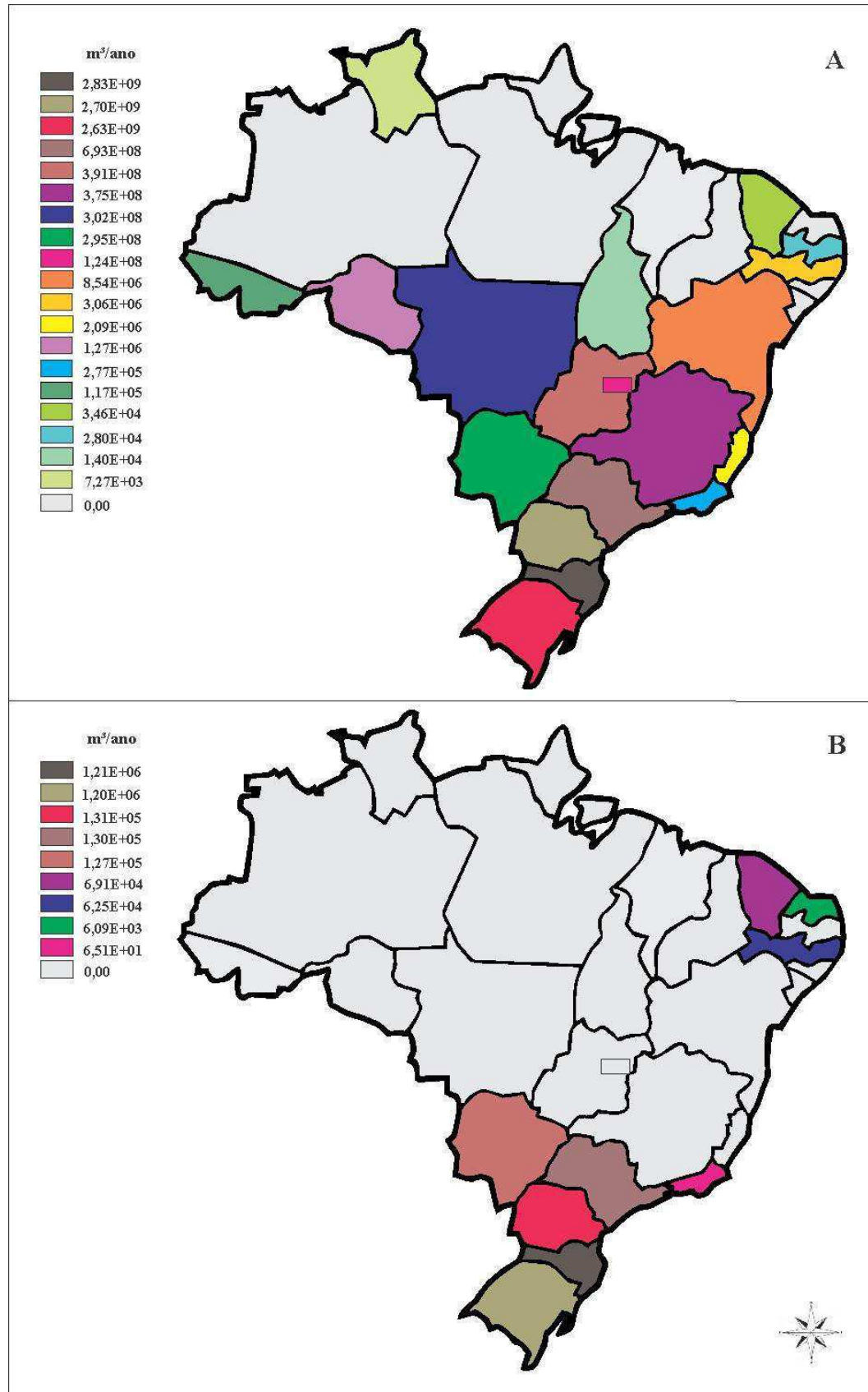


Figura 13. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* carne de frango

O Brasil é o maior exportador de carne de frango com uma participação de 40,25% do total do mercado mundial, seguidos dos EUA com 30,27%, União Europeia que detém 11,23%, Tailândia 4,7% e China com 4,2% (UBABEF, 2012). Os 8 principais destinos da carne de frango brasileira são a Arábia Saudita, com um volume de 628,6 mil toneladas, com a maior participação 16% do total exportado em 2012, Japão obteve a segunda colocação com 382,6 mil toneladas, Hong Kong 306,8 mil toneladas; Emirados Árabes 239,2 mil toneladas; China 227,4 mil toneladas; Holanda 220,6 mil toneladas; África do Sul 186,6 mil toneladas e Egito 119,3 mil toneladas. A Tabela 12 exhibe os países importadores e exportadores de água virtual da carne de frango do Brasil. Verifica-se que a sequência dos principais países recebedores de água virtual através da exportação dessa *commodity* são a Arábia Saudita com 1,59 Gm³/ano, com uma participação de 15,33%, Japão recebe 1,17 Gm³/ano, Hong Kong 1,01 Gm³/ano e Emirados Árabes 559 Mm³/ano. Em seguida, pode-se analisar os países responsáveis pela entrada de água virtual no Brasil através da importação. Um grupo de países da América do Sul formado por Argentina, Paraguai, Uruguai e Chile enviam juntos 2,87 Mm³/ano de água virtual, sendo que a Argentina tem uma participação de 90,34% de toda água virtual importada.

Tabela 12. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* carne de frango

Países importadores de carne de frango do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Arábia Saudita	1,59E+09	15,33
Japão	1,17E+09	11,26
Hong Kong	1,01E+09	9,77
Emirados Árabes Unidos	5,59E+08	5,40
Rússia	5,54E+08	5,34
Omã	5,49E+08	5,30
África do Sul	4,82E+08	4,65
Coveite (Kuwait)	4,28E+08	4,13
Venezuela	3,89E+08	3,76
Países Baixos (Holanda)	2,91E+08	2,80
Cingapura	2,52E+08	2,43
China	2,40E+08	2,31
Iêmen	2,06E+08	1,98
Outros países	2,64E+09	25,53
Países exportadores de carne de frango para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	2,65E+06	90,34
Uruguai	1,40E+05	4,78
Paraguai	4,50E+04	1,53
Chile	3,82E+04	1,30
Outros países	6.01E+01	2,05

4.12. Fluxo de água virtual da commodity banana no Brasil

Em 2002, a produção mundial de banana foi de 98,3 milhões de toneladas, enquanto que a produção brasileira em 2004 foi de 6,5 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da Índia que despontou com uma produção de 16,8 milhões de toneladas, representando 23,8% do total mundial produzido (FAO, 2015). Estudos realizados por Fioravanço (2003) afirmam que entre os países produtores de banana destacam-se como mais importantes a Índia (16.000 toneladas em 2001-02), Equador (7.561 toneladas), Brasil (6.164 toneladas), China (5.516 toneladas) e Filipinas (5.080 toneladas). O Brasil é o quarto maior produtor mundial (FAO, 2015a), sendo que os principais pólos produtores estão no Vale do Ribeira, litoral Sul do Estado de São Paulo (23 municípios); Norte de Minas Gerais (Janaúba, Jaíba, Pirapora, Montes Claros e Itacarambi); Norte de Santa Catarina (Corupá, Massaranduba, Jaraguá do Sul, Guaramirim, Praia Grande, Luis Alves e Schroeder); Nordeste do Brasil (Petrolina, Juazeiro, Bom Jesus da Lapa e Formoso); e no Espírito Santo (Matthiesen e Boteon, 2003).

Na Figura 14A, que apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* banana, encontra-se os estados brasileiros responsáveis por enviar água virtual para outros países através da exportação da banana. Santa Catarina responde por 54,68%, que corresponde a 90,9 Mm³/ano de água virtual, enquanto a região Nordeste é responsável por 58,3 Mm³/ano, com uma participação de 35,10% do total exportado, o Rio Grande do Norte é o estado nordestino com maior contribuição 48,1 Mm³/ano. A região Sudeste comparada as demais não possui grande expressão na exportação da banana, respondendo por apenas 10,6 Mm³/ano de água virtual. Em seguida está a região Centro-Oeste enviando 3,15 km³/ano. O Estado de Rondônia é o único representante da região Norte, responsável por enviar para o exterior apenas 1,63 Km³/ano de água virtual.

A Figura 14B exibe a distribuição espacial da água virtual importada (m³/ano) da *commodity* banana para o Brasil. Apenas a região Sul, representada pelos estados do Paraná e Santa Catarina, e a região Sudeste, com participação do Espírito Santo e Rio de Janeiro, somam 9,7 Km³/ano de toda água virtual que é enviada para o Brasil.

O consumo anual *per capita* de banana da população brasileira apresenta um baixo volume quando comparados aos 115 a 120 kg/ano observados na Espanha, Itália e Alemanha. Os dados apresentados pela FAO (2007) afirmam que foram consumidos, em média, no período 1998 a 2005, 26,6 kg/ano no Brasil, o que representa um consumo de 86,57 litros de água diário pela população brasileira (Chapagain & Hoekstra, 2004).

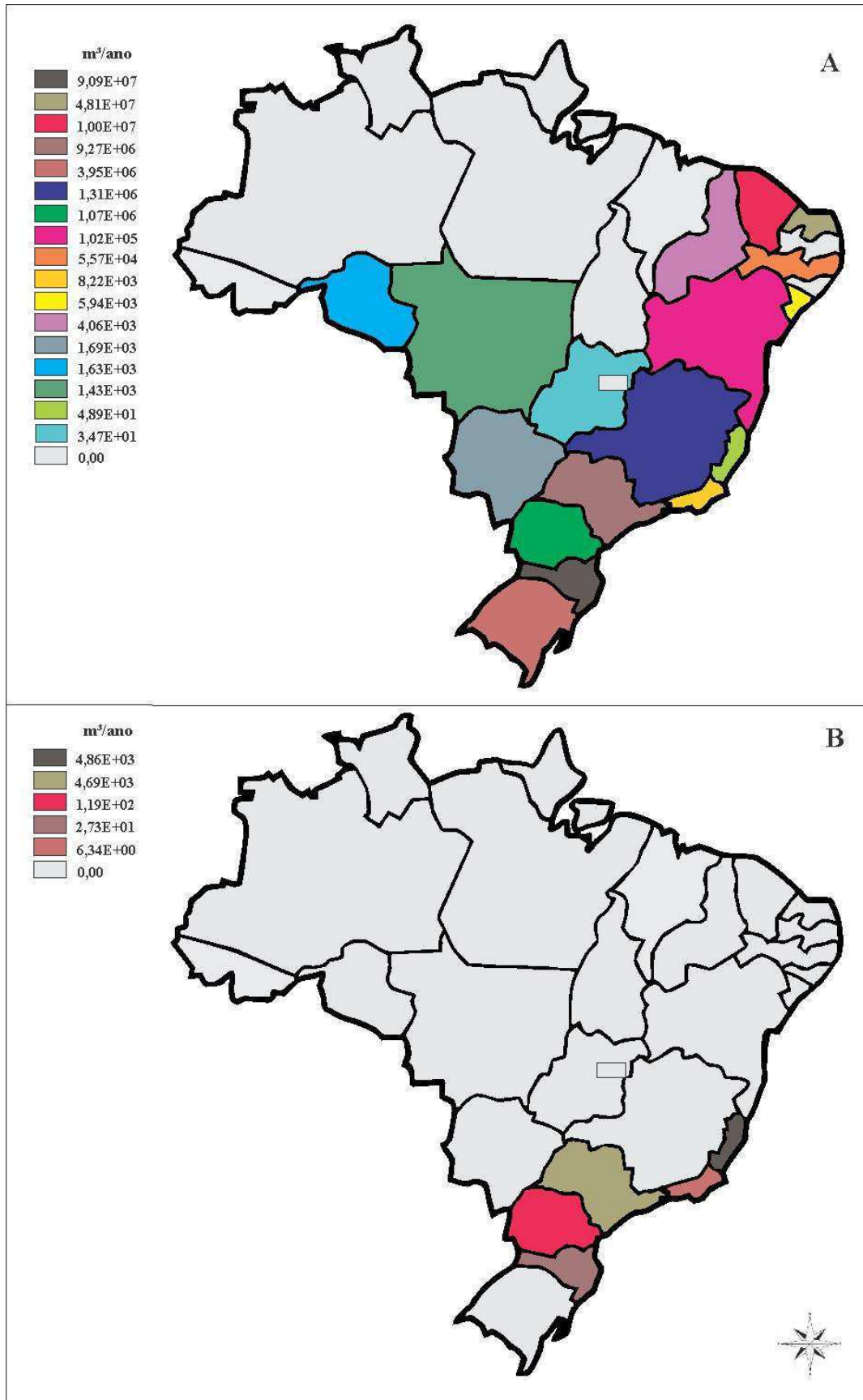


Figura 14. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* banana

De um total de 6,4 milhões de toneladas produzidos em 2003 apenas 220 mil foram direcionadas para o consumo externo (FAO, 2015). Dentre os principais importadores da banana produzida nacionalmente destacam-se a Argentina, Uruguai e Reino Unido. Apesar da baixa participação das exportações brasileiras de banana diante do total comercializado mundialmente, os dados da MDIC (2015) permitem concluir que no período compreendido entre 2000 a 2003 houve um acréscimo no volume exportado, ultrapassou 200%, ou seja, em 2000 o Brasil exportou 71,8 mil toneladas, em 2003 esse volume foi de 220,7 mil toneladas. Na Tabela 13, que exhibe Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* banana, é possível perceber que os dados do MDIC (2015) concordam com os dados analisados neste estudo. Argentina e Uruguai são os países que recebem a maior a quantidade de água virtual exportada, na ordem de 113,2 Mm³/ano, que corresponde 68,16% do total. Reino Unido tem uma participação de 14,21%, correspondendo a 23,6 Mm³/ano do total exportado. Analisando a quantidade de água virtual que chega ao Brasil através da importação o Equador, considerado o maior exportador mundial da *commodity* banana, envia para o Brasil 4,87 Km³/ano de água virtual, sendo responsável por 50,16%, seguido das Filipinas com uma participação de 36,66% do total da água virtual importada.

Tabela 13. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* banana

Países importadores de banana do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	7,25E+07	43,66
Uruguai	4,07E+07	24,50
Reino Unido	2,36E+07	14,21
Itália	1,05E+07	6,30
Alemanha	7,95E+06	4,78
Países Baixos (Holanda)	6,39E+06	3,85
Espanha	2,10E+06	1,27
Polônia	1,50E+06	0,91
Portugal	5,35E+05	0,32
Outros países	3,59E+05	0,21
Países exportadores de banana para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Equador	4,87E+03	50,16
Filipinas	3,56E+03	36,66
Tailândia	7,09E+02	7,31
Reino Unido	4,38E+02	4,52
China	6,44E+01	0,66
Taiwain (Formosa)	3,76E+01	0,39
Indonésia	1,35E+01	0,14
Outros países	1,53E+01	0,16

4.13. Fluxo de água virtual da commodity laranja no Brasil

A Figura 15A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* laranja do Brasil. O Estado de São Paulo é o principal responsável pela exportação de água virtual contida na laranja, totalizando 20,4 Mm³/ano, que corresponde a 99,22% do total. A região Nordeste também possui um grande potencial na produção de laranja (MAPA, 2012), porém sem muita expressão na exportação, envia apenas 120 Km³/ano de água virtual. A Bahia se apresenta como o maior responsável pela exportação de água virtual, com uma participação 97,75% do total da região Nordeste. O Estado do Mato Grosso do Sul é o único representante da região Centro-Oeste, com uma pequena participação de apenas 17,6 Km³/ano de água virtual exportada. O Brasil é o maior produtor de laranja do mundo, sendo que o Estado de São Paulo responde por mais de 28,8% do total produzido no mundo (IBGE, 2014); em segundo lugar, estão os EUA, com 15,15% do total. Os dois países juntos concentram quase a metade da produção mundial. Na sequência encontra-se China (12,80%), México (6,23%) e Espanha (4,06%). O Brasil produz anualmente cerca de 18 milhões de toneladas da fruta, o Estado de São Paulo é responsável por 74% desse total (IBGE, 2014).

A Figura 15B exibe a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* laranja para o Brasil. Apesar do país ser um grande produtor e exportador de laranja, pode-se verificar que as regiões Sul, Sudeste e Nordeste importam uma razoável quantidade de água virtual, totalizando 1,39 Mm³/ano. No Sudeste, especificamente o Estado de São Paulo tem a maior participação, com 46,24%; enquanto no Sul, o Estado do Rio Grande do Sul responde por 31,52%. Por outro lado, a região Nordeste, que tem como principal produtor de laranja da região o Estado de Pernambuco, responde com 2,98% do total da água virtual que entra no país através da importação da laranja. Na região Norte apenas o Estado de Roraima recebe água virtual através dessa *commodity*, com uma contribuição de 14,4 Km³/ano. Costa et al. (2012) declaram que o Brasil é um dos países que tem uma participação ativa nos foros de negociações agrícolas; é justificado por apresentar vantagem comparativa e competitiva na produção e exportação de vários produtos agrícolas, entre eles, o suco de laranja. Nesse contexto, o fluxo de água virtual calculado para a laranja no mercado internacional do Brasil resultou numa exportação líquida no valor de 19,18 Mm³/ano de água virtual, colocando o país em uma situação confortável quanto à independência de importação de água virtual dessa fruta.

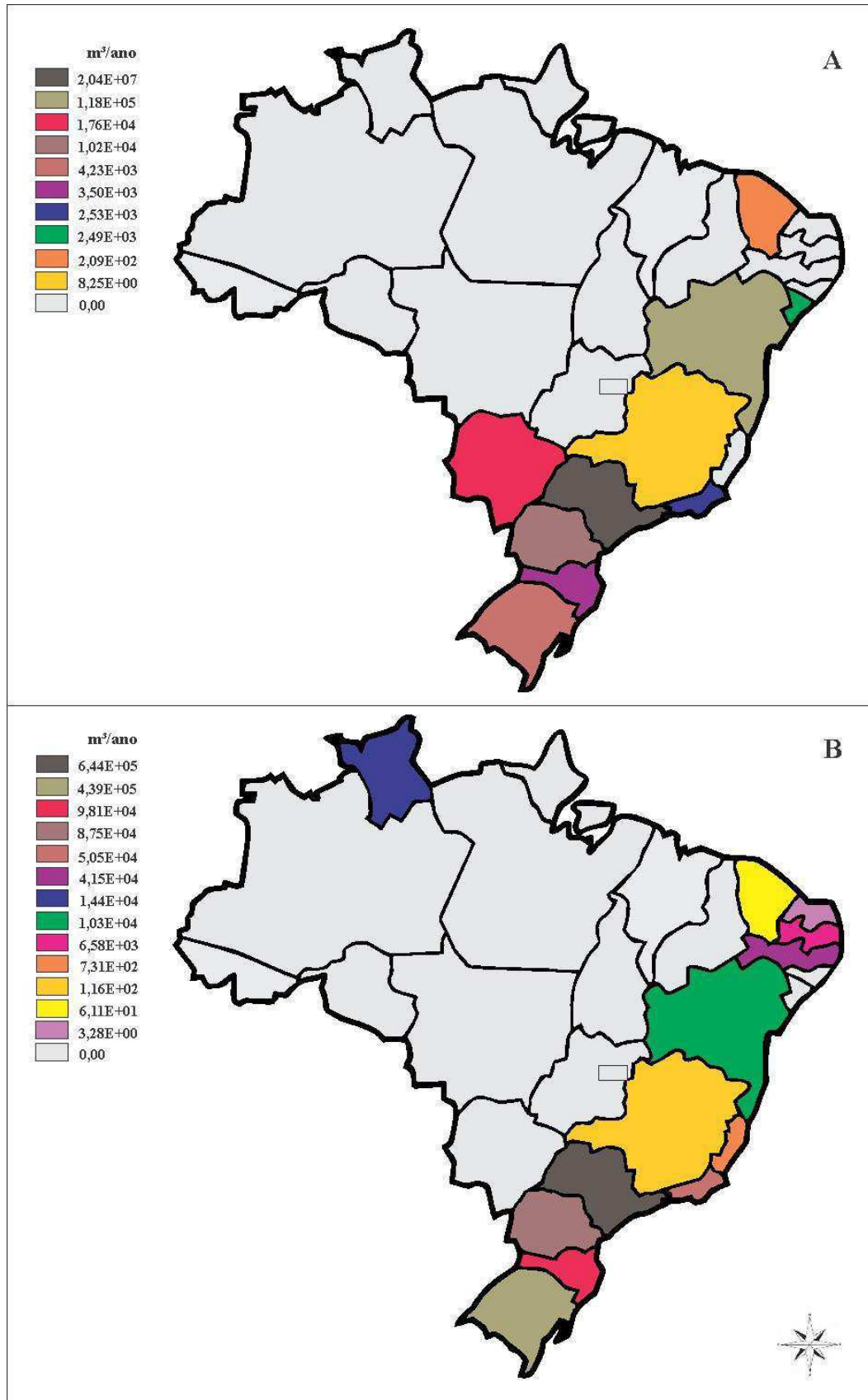


Figura 15. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity laranja

A Tabela 14 evidencia que os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* laranja estão na União Europeia, pois recebe do Brasil 17,42 Mm³/ano de água virtual através da exportação da laranja. Em relação aos países que enviam água virtual para o Brasil encontra-se o Uruguai que ocupa a primeira posição com 716 Km³/ano, seguido da Espanha com uma contribuição de 661 Km³/ano de toda água virtual que entra no país através da importação desse produto. Ressalta-se que cerca de 50% da produção mundial de laranja e 80% da brasileira resultam em sucos industrializados. O principal comprador da bebida brasileira é a União Europeia que aumenta significativamente o percentual de importação anualmente. A maior parte das importações mundiais, 85%, é absorvida por apenas três mercados: Estados Unidos, União Europeia e Canadá (MAPA, 2012).

Tabela 14. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* laranja

Países importadores de laranja do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Países Baixos (Holanda)	9,81E+06	47,71
Espanha	3,56E+06	17,31
Reino Unido	2,61E+06	12,69
Emirados Árabes Unidos	1,02E+06	4,95
Portugal	9,77E+05	4,75
Arábia Saudita	4,79E+05	2,33
Rússia	4,57E+05	2,22
Coveite (Kuwait)	2,61E+05	1,27
Omã	2,22E+05	1,08
Grécia	1,97E+05	0,96
Paraguai	1,50E+05	0,73
Irlanda	1,46E+05	0,71
Suíça	8,56E+04	0,42
Itália	8,03E+04	0,39
Indonésia	7,55E+04	0,37
Bélgica	7,33E+04	0,36
Lituânia	5,75E+04	0,28
Suécia	4,65E+04	0,23
Catar	3,23E+04	0,16
França	2,98E+04	0,14
Outros países	1,99E+05	0,95
Países exportadores de laranja para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	7,16E+05	51,40
Espanha	6,61E+05	47,45
Venezuela	1,44E+04	1,03
Outros países	1,56E+03	0,11

4.14. Fluxo de água virtual da commodity maçã no Brasil

A Figura 16A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* maçã do Brasil. Observa-se que a região Sul envia a maior quantidade de água virtual através da exportação da maçã, aproximadamente 22,15 Mm³/ano, com contribuição do Rio Grande do Sul que possui uma participação de 55,6%. A região Nordeste também contribui com a exportação de água virtual contida na maçã, pois contribui com 3,24 Km³/ano, tendo o Estado da Bahia a maior participação, com 62% do total da região.

A Figura 16B apresenta a distribuição espacial da água virtual importada da maçã para o Brasil. Durante o período analisado, verifica-se que os números de importação do Brasil são maiores que a exportação, portanto, apenas o Estado de Alagoas não participa desta importação. São enviados para o Brasil 74,1 Mm³/ano de água virtual, a região Sul recebe 44,6 Mm³/ano, seguidos pela região Sudeste com 27,5 Mm³/ano, região Nordeste com 1,14 Mm³/ano, região Centro-Oeste com 744 Km³/ano e a região Norte com 74,9 Km³/ano de água virtual. O cultivo da macieira é uma atividade relativamente recente no Brasil. No início da década de 70, a produção anual de maçãs era de cerca de 1.000 toneladas. A região Sul do Brasil aumentou a quantidade e qualidade na produção da maçã, fazendo o país sair da posição de importador para a de autossuficiente e com potencial de exportação (Embrapa Uva e Vinho, 2003). Ainda de acordo com a Embrapa Uva e vinho, (2003) a maçã brasileira atraiu diversos consumidores do mundo, em especial os europeus, pois entre 10 a 20% das exportações das maçãs brasileiras tem como principal destino a Europa.

O Brasil produziu, em 2011, último dado consolidado pelo IBGE, 1,3 milhão de toneladas de maçãs, que o classifica como 9º (nono) maior produtor mundial. Sua produção é concentrada na região Sul, sendo responsável por 98% da produção nacional. Os estados produtores são Santa Catarina e Rio Grande do Sul, respondendo em média por 96% da produção nacional. Considerando o número de estabelecimentos agropecuários, aqueles que possuíam mais de 50 pés de macieira no ano de 2006, o número total de estabelecimentos no Brasil é da ordem de 2.910, sendo que 64% desse total encontram-se no Estado de Santa Catarina e 29% no Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2014).

O volume total de água virtual exportada da *commodity* maçã é de 22,2 Mm³/ano e o total da água virtual importada é de 74,1 Mm³/ano, resultando em um fluxo de importação líquida de água virtual num volume de 51,9 Mm³/ano, que indica uma dependência do país sobre esta cultura.

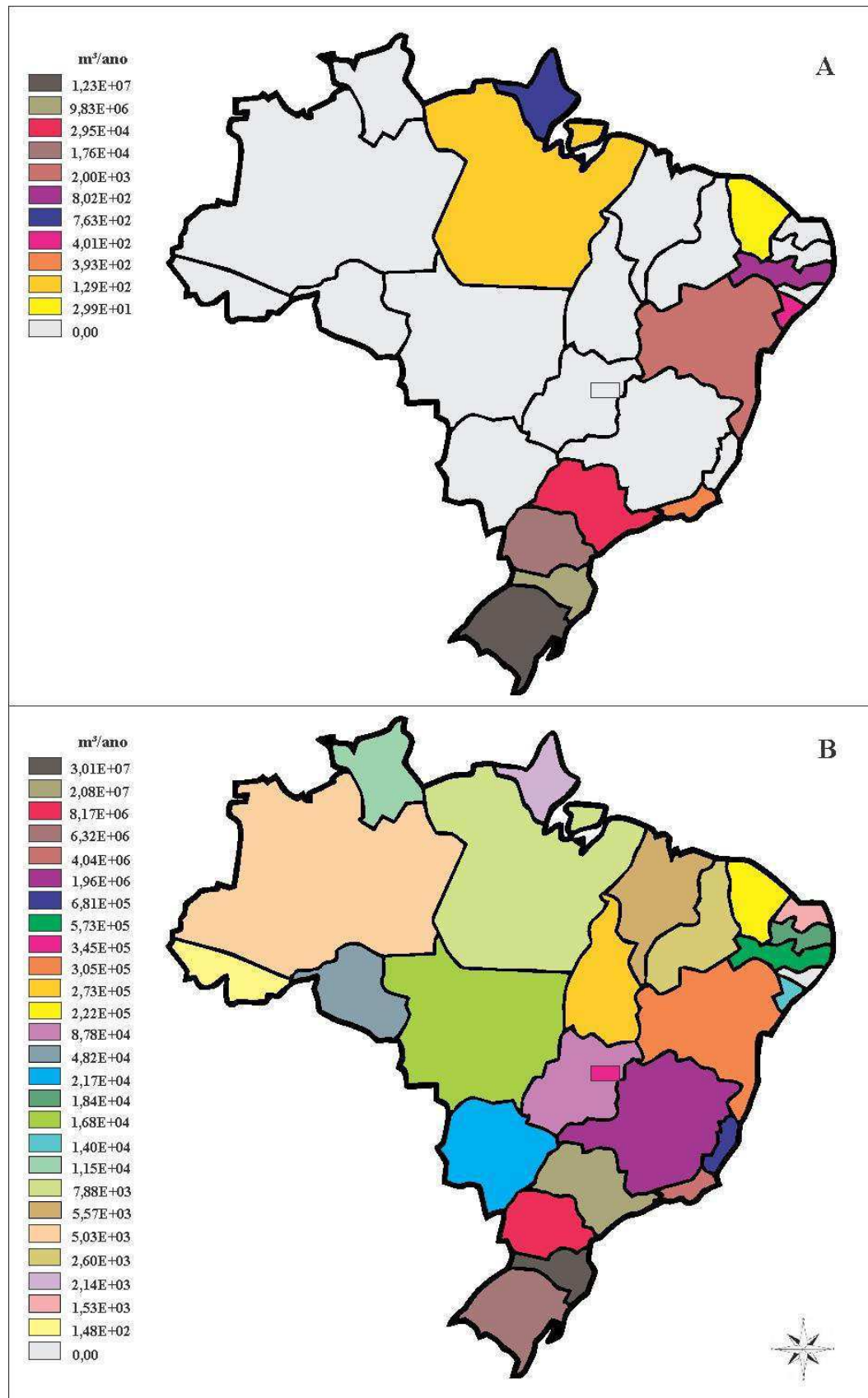


Figura 16. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* maçã

A Tabela 15 exhibe os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* maçã do Brasil, nas exportações são retirados do país 22,2 Mm³/ano de água virtual. A Holanda responde por 36,94% e o Reino Unido 12,91%, que corresponde a 8,21 Mm³/ano e 2,87 Mm³/ano de água virtual, respectivamente.

Mesmo existindo produção nos diferentes continentes, envolvendo vários países, 93 países no ano de 2008, segundo FAO (2015), o volume transacionado no comércio internacional ainda é pequeno, sendo que os principais países exportadores são a Itália, França, Estados Unidos, China e Chile. Neste particular, desses países, apenas a China não envia água virtual para o Brasil através da importação da maçã, o restante são responsáveis pelo envio de 36 Mm³/ano de água virtual, ficando todo grupo atrás da Argentina que sozinha contribui com 36,9 Mm³/ano (Tabela 15). Nesse contexto, os dados da FAO (2015) corroboram com este estudo quando afirmam que o Brasil importa maçã, principalmente da Argentina, fonte de 82% do total importada em 2009. A produção de maçãs está presente em todos os continentes. Em 2009 a produção mundial de maçã foi contabilizada em mais de 70 milhões de toneladas, os principais produtores foram China, Estados Unidos, Polônia, Irã, Turquia e Itália, obtendo cada um produção superior a 2 milhões de toneladas/ano (BRDE, 2011). Do total da maçã produzida, 70% destinam-se ao consumo *in natura* e 30 % para a indústria, sendo que a metade é utilizada para a fabricação de diversos tipos de suco e o restante para diversos produtos, tais como purê de maçã, *chips* de maçã e pratos prontos entre outros destinos (FAO, 2015). Na América do Sul os principais produtores são o Chile, Argentina e Brasil, embora nenhum dos três tenha produzido mais de 2% do total mundial em 2008. Nesse ano, a produção do Brasil correspondeu a 1,6% da mundial, posicionando o país como 12º no *ranking* dos países produtores de maçã.

Segundo dados da SECEX (2015), o Brasil manteve-se como exportador líquido de maçã nos anos 2000, exceto em 2001 e 2006. Essa posição foi mantida apesar de a quantidade exportada não ser muito expressiva: entre 2001 e 2009, menos de 10% da produção foi exportada. O mercado europeu é o principal destino das exportações brasileiras de maçã, 36% das quais foram para a Holanda em 2010 (BRDE, 2011).

Tabela 15. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* maçã

Países importadores de maçã do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Países Baixos (Holanda)	8,21E+06	36,94
Reino Unido	2,87E+06	12,91
Alemanha	1,45E+06	6,54
Portugal	1,09E+06	4,90
Suécia	1,02E+06	4,59
Espanha	9,98E+05	4,49
Barbados	9,73E+05	4,38
França	9,26E+05	4,17
Irlanda	8,14E+05	3,67
Finlândia	7,59E+05	3,41
Itália	6,43E+05	2,89
Bélgica	5,60E+05	2,52
Dinamarca	4,19E+05	1,88
Emirados Árabes Unidos	1,76E+05	0,79
Rússia	1,55E+05	0,70
Filipinas	1,53E+05	0,69
Hong Kong	1,47E+05	0,66
EUA	1,36E+05	0,61
Noruega	1,25E+05	0,56
Cingapura	9,08E+04	0,41
Líbia	8,23E+04	0,37
Omã	6,23E+04	0,28
Malta	5,52E+04	0,25
Arábia Saudita	3,56E+04	0,16
Colômbia	3,49E+04	0,16
Tailândia	2,94E+04	0,13
Suíça	2,37E+04	0,11
Outros países	1,83E+05	0,82
Países exportadores de maçã para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,69E+07	49,80
Chile	3,34E+07	45,09
França	1,29E+06	1,74
EUA	7,37E+05	0,99
Itália	5,92E+05	0,80
Espanha	4,81E+05	0,65
Uruguai	3,81E+05	0,51
Portugal	2,62E+05	0,35
Virgens, Ilhas (Britânicas)	1,90E+04	0,03
Venezuela	1,15E+04	0,02
Hungria	9,17E+03	0,01
Polônia	4,87E+03	0,01
Paraguai	4,43E+03	0,01

4.15. Fluxo de água virtual da commodity uva no Brasil

A Figura 17A apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada de uva do Brasil. A região Nordeste é responsável por enviar 13,4 Mm³/ano de água virtual, com destaque para os Estados de Pernambuco e Bahia que têm uma participação de 56,69% e 40,78% do total exportado, respectivamente. Em seguida estão as regiões Sudeste enviando 191 Km³/ano com o Estado de São Paulo participando em 95,81% e a região Sul, respondendo por 44,3 Km³/ano destacando o Estado do Paraná com uma participação de 87,36% do total da água virtual exportada da região. Neste contexto, a produção atual de vinho no Brasil ocupa uma área de 81 mil hectares com vinhedos desde o extremo Sul até regiões próximas à Linha do Equador. Destacando duas regiões: o Rio Grande do Sul por contribuir, em média, com 777 milhões de quilos de uva por ano, e os polos de frutas de Petrolina/ PE e de Juazeiro/BA, no Submédio do Vale do São Francisco, responsável por 95% das exportações nacionais de uvas finas de mesa (MAPA, 2012). A produção média de uvas do país (2006/2009) foi de 1,37 milhão de toneladas de uva. Deste volume, o Estado do Rio grande do Sul foi responsável por 54,6%, São Paulo 13,74%, Pernambuco 11,98%, Bahia 7,52%, Paraná 7,40%, Santa Catarina 4,40% e Minas Gerais menos de 1% (Embrapa Uva e Vinho, 2003). No ano de 2010, aproximadamente 57% da produção total foi comercializada como uvas de mesa e 43% destinada ao processamento de vinhos e suco de uva (Mello, 2011). Com base nesses resultados é possível inferir que muito embora as regiões Sul e Sudeste sejam as maiores produtoras de uva do Brasil, a região Nordeste (principalmente a região do Submédio do Vale do São Francisco) é a principal responsável pela exportação de água virtual do Brasil.

Na Figura 17B que exibe a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* uva para o Brasil. Percebe-se que apenas os Estados do Amapá e Maranhão não importam a fruta, os restantes totalizam uma importação de 22,8 Mm³/ano de água virtual. A região Sudeste é a maior responsável pelo recebimento desta água, 14,2 Mm³/ano do total; enquanto a região Sul responde por 7,13 Mm³/ano, o Nordeste por 812 Km³/ano, a região Centro-Oeste recebe 595 Km³/ano e a região Norte apenas 58 Km³/ano de toda água virtual que entra no país através da importação de uva. Com esse fluxo de água virtual, o Brasil possui um saldo negativo de água virtual, pois exporta em média 13,8 Mm³/ano de água virtual contra 22,8 Mm³/ano que entra no país através da importação da *commodity* uva.

O fluxo de água virtual da uva calculado neste estudo para o Brasil resultou em uma importação líquida 9 Mm³/ano, indicando que o número de importação desta cultura é superior ao da exportação.

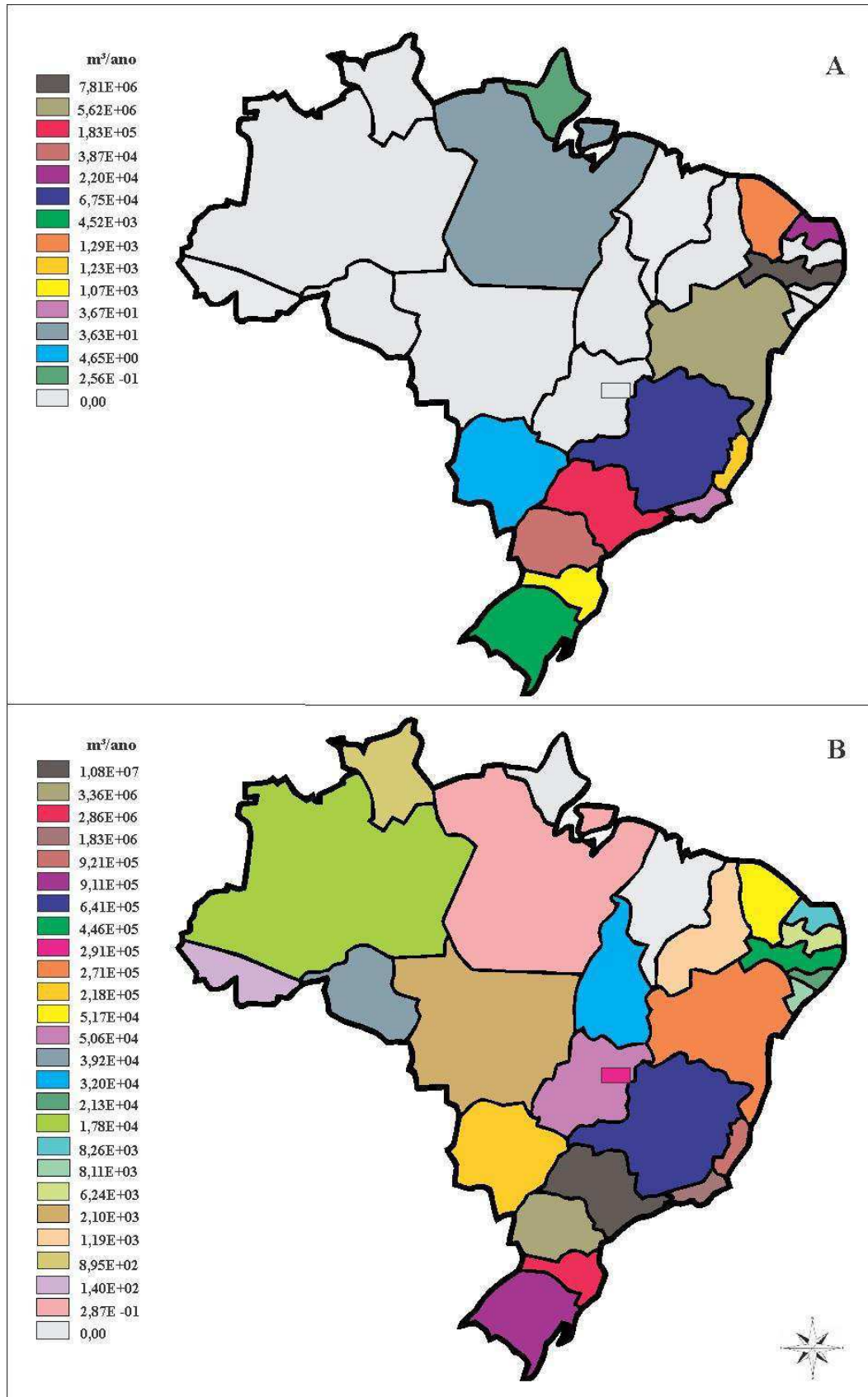


Figura 17. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m^3/ano) da commodity uva

A *Organisation Internationale de la Vigne et du Vin* (OIV, 2015) e a FAO (2015) afirmam que nas duas últimas décadas, enquanto a produção de uvas com finalidade de atender demandas de consumo *in natura* tem crescido a taxas anuais próximas a 13%, as exportações mundiais do produto foram incrementadas em cerca de 26% ao ano. Diante disso, atualmente, do total de uva de mesa produzida mundialmente (em torno de 19%) é comercializado no mercado internacional. No início da década de 1990, o volume desse comércio era de apenas 12% (Lazzarotto et al., 2013). Dentre os países produtores e exportadores, apesar de ser o terceiro maior produtor mundial de frutas (Fachinello; Nachtigal, 2009), o Brasil ainda tem participação bastante marginal na produção e no comércio exterior de uva de mesa. Apesar disso, nos últimos anos, de acordo com estatísticas da FAO (2015), OIV (2015), o país se encontra entre os que têm apresentado destaque de crescimento em termos de produção, exportação, importação e consumo do produto em discussão.

Na Tabela 16 que expõe os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* uva. Observa-se que a Holanda, é o maior importador de água virtual através da *commodity* uva, recebendo cerca de 7,07 Mm³/ano, seguidos do Reino Unido que detém 2,77 Mm³/ano do total exportado do Brasil. Por sua vez, a Argentina e o Chile são os principais responsáveis pelo envio de água virtual para o Brasil através da exportação da fruta, respondendo juntos por, aproximadamente, 19,2 Mm³/ano de toda água virtual que entra no país através da uva.

Tabela 16. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* uva

Países importadores de uva do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Holanda	7,07E+06	51,36
Reino Unido	2,77E+06	20,11
EUA	2,19E+06	15,88
Argentina	4,16E+05	3,02
Alemanha	2,94E+05	2,13
Bélgica	2,61E+05	1,90
Outros países	7,70E+05	5,58
Países exportadores de uva para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	1,08E+07	47,48
Chile	8,39E+06	36,86
Turquia	1,80E+06	7,92
Irã	6,10E+05	2,68
EUA	5,29E+05	2,32
Outros países	6,23E+05	2,73

4.16. Fluxo de água virtual da commodity pêra no Brasil

Na Figura 18A, que exhibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* pêra do Brasil, verifica-se que o Brasil não apresenta grandes volumes de exportação da água virtual dessa *commodity*. A região Sul, considerada como a maior produtora, é também responsável por exportar a maior quantidade de água virtual contida nesse produto, 9,67 Km³/ano do total. Por outro lado, São Paulo registra a exportação de apenas 926 m³/ano. Apesar da região Norte apresentar os Estados do Pará e do Amapá como estados exportadores desse produto, eles possuem uma contribuição na exportação de água virtual contida na pêra de apenas 16,9 m³/ano do total exportado. A região Nordeste encontra-se na última posição, apresentando os Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte como os principais exportadores, com uma pequena participação de 10,6 m³/ano do total da água virtual exportada.

A Figura 18B exhibe a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* pêra para o Brasil. Os estados brasileiros que importam essa fruta totalizam 87,3 Mm³/ano de água virtual, sendo que a região Sudeste aparece com maior expressão, respondendo por 61,28% do total importado. O Estado de São Paulo registra um saldo negativo de 41,9 Mm³/ano; enquanto a Região Sul aparece com 35%, sendo os maiores importadores o Paraná que recebe 12,3 Mm³/ano e Santa Catarina com 9,78 Mm³/ano. A região Nordeste que importa 1,74% do total tem os Estados de Pernambuco que responde por 851 Km³/ano e a Bahia por 457 Km³/ano. O Centro-Oeste importa 1,45% do total, tendo o Distrito Federal como o maior importador de água virtual da região com 603 Km³/ano, seguido do Mato Grosso do Sul que recebe 86,2 Km³/ano. Finalmente, a região Norte importa apenas 0,38% do total, o Estado do Pará com a participação mais expressiva da região, 30,1 Km³/ano de toda água virtual importada.

Analisando o fluxo de água virtual da *commodity* pêra no mercado internacional do Brasil, verifica-se que existe um volume de importação líquida de água virtual no valor de 87,26 Mm³/ano, o que indica que o país possui uma forte dependência desta cultura. Do ponto de vista dos recursos hídricos, a exigência hídrica da pêra produzida no Brasil é de 1059 m³/ton em quanto o total produzido na Argentina é de 385 m³/ton (Chapagain & Hoekstra, 2004).

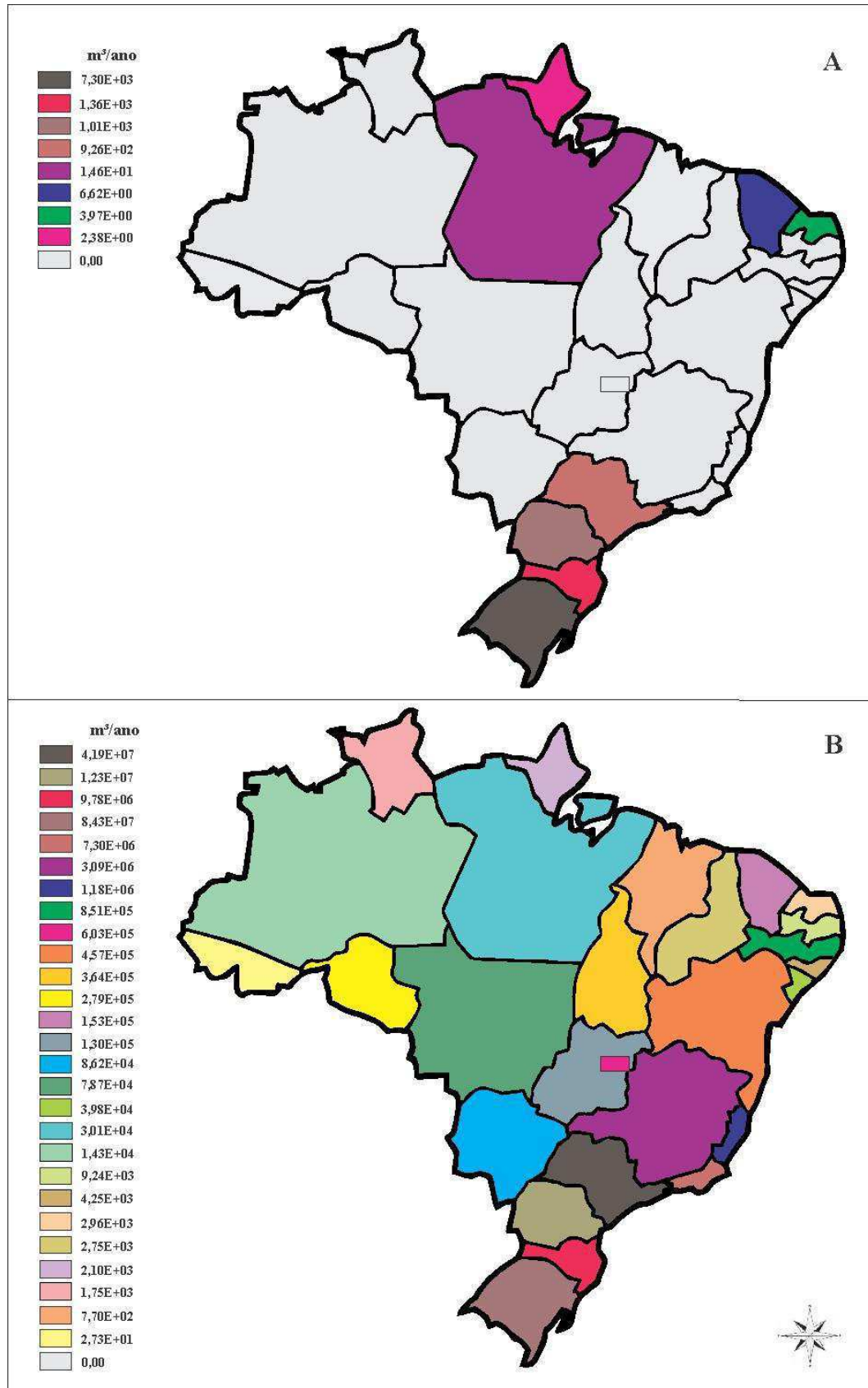


Figura 18. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m^3/ano) da commodity pêra

Segundo Mello (2013) os maiores exportadores mundiais da *commodity* pêra, que são a Argentina, China, Holanda, Bélgica, EUA, África do Sul, Espanha, Itália, Chile e Portugal. A Argentina liderou esse segmento até 2008, tendo exportado em 2010: 419.587 toneladas de pêra, representando mais de 65% de sua produção. Ainda segundo a autora a partir de 2009, a China passou a liderar as exportações de pêra no mundo, com 437.929 toneladas em 2010.

A Tabela 17, que apresenta os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* pêra, evidencia que Itália e Argentina somam juntas 10,42 Km³/ano, que equivale 78,51% do total da água virtual que é retirada do Brasil através da exportação da pêra. Por sua vez, a Argentina é a maior exportadora de água virtual para o Brasil, na ordem de 72,1 Mm³/ano, correspondendo a 82,6% do total importado pelo Brasil através da *commodity* pêra. Os maiores importadores mundiais de pêra em 2010 foram a Rússia, França, Brasil e a Holanda (Mello, 2013).

Tabela 17. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* pêra

Países importadores de pêra do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Itália	7,30E+03	55,00
Argentina	3,12E+03	23,51
Portugal	1,36E+03	10,27
Angola	1,14E+03	8,63
Cabo Verde	1,70E+02	1,28
Reino Unido	7,08E+01	0,53
França	5,56E+01	0,42
Paraguai	2,28E+01	0,17
Suriname	1,19E+01	0,09
Guiana Francesa	9,00E+00	0,07
Falkland (Malvinas)	3,31E+00	0,02
Países exportadores de pêra para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	7,21E+07	82,60
Portugal	5,99E+06	6,87
EUA	4,61E+06	5,28
Chile	1,93E+06	2,21
Espanha	1,65E+06	1,89
Uruguai	7,95E+05	0,91
Itália	1,47E+05	0,17
Virgens, Ilhas (Britânicas)	3,83E+04	0,04
França	2,32E+04	0,03

4.17. Fluxo de água virtual da commodity tomate no Brasil

De acordo com dados do IBGE (2014), a produção brasileira de tomate para o mês de agosto de 2013 foi estimada em 3.838.092 toneladas. O Estado de Goiás obteve o primeiro lugar no ranking produzindo 1.230.512 toneladas, ou 32,1% do total, sendo seguido por São Paulo com 17,6%, Minas Gerais com 13,5%, Paraná com 7,3%, Bahia com 5,1% e Rio de Janeiro com 4,7%. No Brasil, e principalmente em São Paulo, ocorreu, segundo Camargo Filho et al. (1994), intensa evolução tecnológica na produção de tomate e o mercado mostrou-se competitivo e dinâmico nos últimos vinte anos, inserido no contexto de desenvolvimento econômico do País.

É possível observar na Figura 19A, que apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* tomate do Brasil, que a região Sul é responsável pelas maiores taxas de exportação de água virtual do Brasil, com 2,63 Mm³/ano. O Estado do Paraná aparece com o total de 105 Km³/ano, porém o Estado de São Paulo é o maior exportador da região Sudeste, com 187 Km³/ano de água virtual, que equivale a 30,66% do total exportado pelo Brasil. Por outro lado, as regiões Centro-Oeste e Nordeste não apresentam grandes contribuições nas exportações da água virtual contida no tomate, pois apresentam, respectivamente, apenas 16,4 e 3,09 Km³/ano do total exportado pelo país.

A Figura 19B apresenta a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* tomate para o Brasil. A água virtual contida nesse produto que entra no país está concentrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste, as quais respondem, respectivamente, por 21,5 e 15,6 Km³/ano, correspondendo a 57,72 e 41,96% do total importado pelo país. Os Estados do Paraná e São Paulo respondem, respectivamente, por 11,7 e 14,2 Km³/ano de água virtual, enquanto os Estados do Acre e Amazonas respondem apenas por 0,32% do total importado pelo país. Os resultados indicam ainda que o balanço do fluxo de água virtual através da exportação e importação da *commodity* tomate do País apresenta saldo positivo de 573,7 Km³/ano de água virtual, ou seja, existe uma maior exportação do que importação do produto no país.

A análise do fluxo de água virtual do Brasil para a *commodity* tomate resultou numa exportação líquida de água virtual no volume de 573,7 Km³/ton, apesar de um saldo pequeno este número indica que o país é autossuficiente para esta cultura.

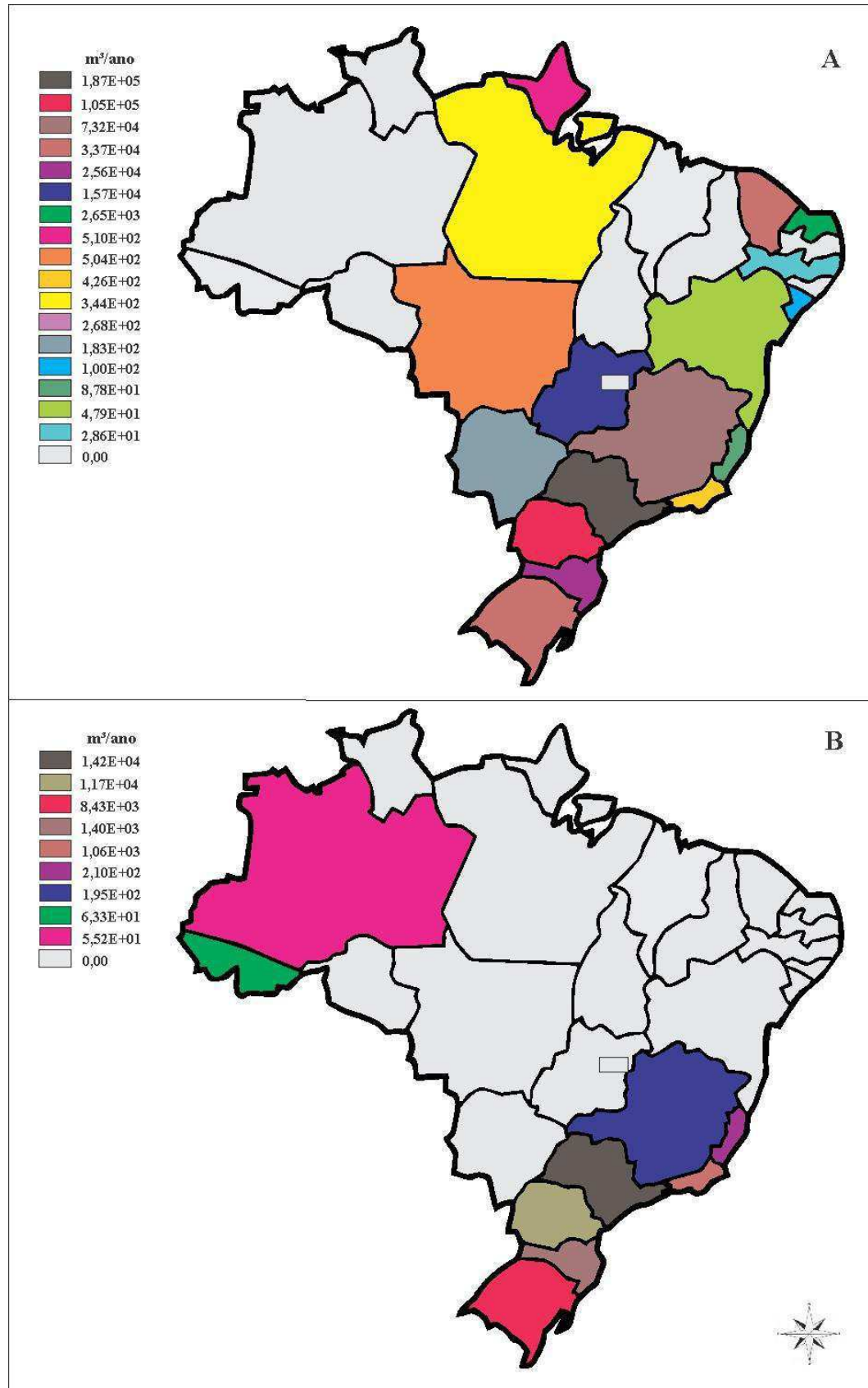


Figura 19. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity tomate

Carvalho e Pagliuca (2007) afirma que das 120 milhões de toneladas de tomate produzidas no mundo, apenas 4,5 milhões são exportadas *in natura*. A Europa, sozinha, é responsável por mais da metade desse volume. Além disso, o autor afirma que dos 2,5 milhões de toneladas exportadas por esse continente, 2,3 milhões são comercializadas entre países da própria União Europeia, indicando que o comércio de tomate fresco ainda é regional. A Tabela 18 apresenta os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* tomate. Verifica-se que a comercialização de tomate na América do Sul não é diferente do resto do mundo, pois o Brasil concentra suas exportações entre a Argentina, Uruguai, Paraguai e Guiana Francesa, que participam com 99,92% do total. A Argentina importa praticamente toda a produção brasileira de tomate (91,23%), que corresponde a 557 Km³/ano de água virtual. Com relação aos países exportadores de tomate para o Brasil, verifica-se que a Argentina, Venezuela, Uruguai e Chile respondem juntos por 96,55% do total e, novamente, a Argentina destaca-se como o maior exportador de água virtual contida no tomate para o Brasil.

Tabela 18. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* tomate

Países importadores de tomate do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	5,57E+05	91,23
Uruguai	4,77E+04	7,80
Paraguai	4,59E+03	0,75
Guiana Francesa	8,58E+02	0,14
Itália	2,63E+02	0,04
Angola	7,61E+01	0,01
Cabo Verde	5,82E+01	0,01
Outros países	3,39E+01	0,01
Países exportadores de tomate para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	2,34E+04	62,88
Venezuela	6,19E+03	16,62
Uruguai	4,01E+03	10,76
Chile	2,34E+03	6,29
Países Baixos (Holanda)	7,04E+02	1,89
Itália	4,22E+02	1,13
Peru	6,33E+01	0,17
Bolívia	5,52E+01	0,15
Espanha	1,67E+01	0,04
França	1,33E+01	0,04
Bélgica	8,91E+00	0,02
Outros países	2,39E+00	0,01

4.18. Fluxo de água virtual da commodity cebola no Brasil

O Brasil, em 2012, obteve uma produção de 1.444.146 toneladas de cebola em uma área de 58.496 hectares, alcançando um rendimento médio de 24,7 t.ha⁻¹. A produtividade média obtida no Nordeste foi de 25,7 t.ha⁻¹, cuja produção representa 21,7% da produção nacional. Os Estados da Bahia e Pernambuco são os maiores produtores do Nordeste com produtividade média de 29,1 e 20,4 ton.ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2013). Segundo o MAPA (2007), as regiões Sul e Sudeste são as principais produtoras de cebola no país, respondendo por aproximadamente 82% da produção nacional, sendo o melhor desempenho apresentado pela região Sul, que respondeu por 59,6% da produção em 2006, todavia, com a menor produtividade média (17,5 ton.ha⁻¹).

A Figura 20A apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada pelo Brasil da *commodity* cebola. Todos os estados das regiões o Sul e Sudeste enviam 187 e 748 Km³/ano, respectivamente, de água virtual para outros países através da exportação da cebola. Por outro lado, a região Nordeste responde por 115 Km³/ano de toda água virtual exportada da região, tendo o Estado de Pernambuco a maior participação com 90,4 Km³/ano que representa 7,86% da produção nacional.

De acordo com Figura 20B, que exhibe a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* cebola para o Brasil, percebe-se que apenas três estados não recebem água virtual de outros países através da importação: Amapá, Paraíba e Alagoas. Entretanto, a região Sul apresenta uma participação de 89,01% do total importado, que corresponde a 35,7 Mm³/ano, seguido pela região Sudeste com 3,07 Mm³/ano. O Estado do Rio Grande do Sul com a maior participação de 2,69 Mm³/ano, que corresponde a 87,62% do total importado pela região. Já o Estado de Pernambuco importa 221 Km³/ano, sendo considerado o estado com a maior taxa de importação da região Nordeste, que importa um total de 436 Km³/ano. Do total de 327 Km³/ano de água virtual importado da região Norte, Rondônia responde por 225 Km³/ano; enquanto a região Centro-Oeste tem o Estado de Goiás como o maior importador de água virtual contida neste produto (90,1 Km³/ano).

O fluxo de água virtual do Brasil calculado neste estudo para a cultura cebola indica que existe uma importação líquida de água virtual no valor de 38,91 Mm³/ano, que significa que os números de importação da *commodity* cebola são maiores que o da exportação, demonstrando que existe uma dependência desta cultura no país.

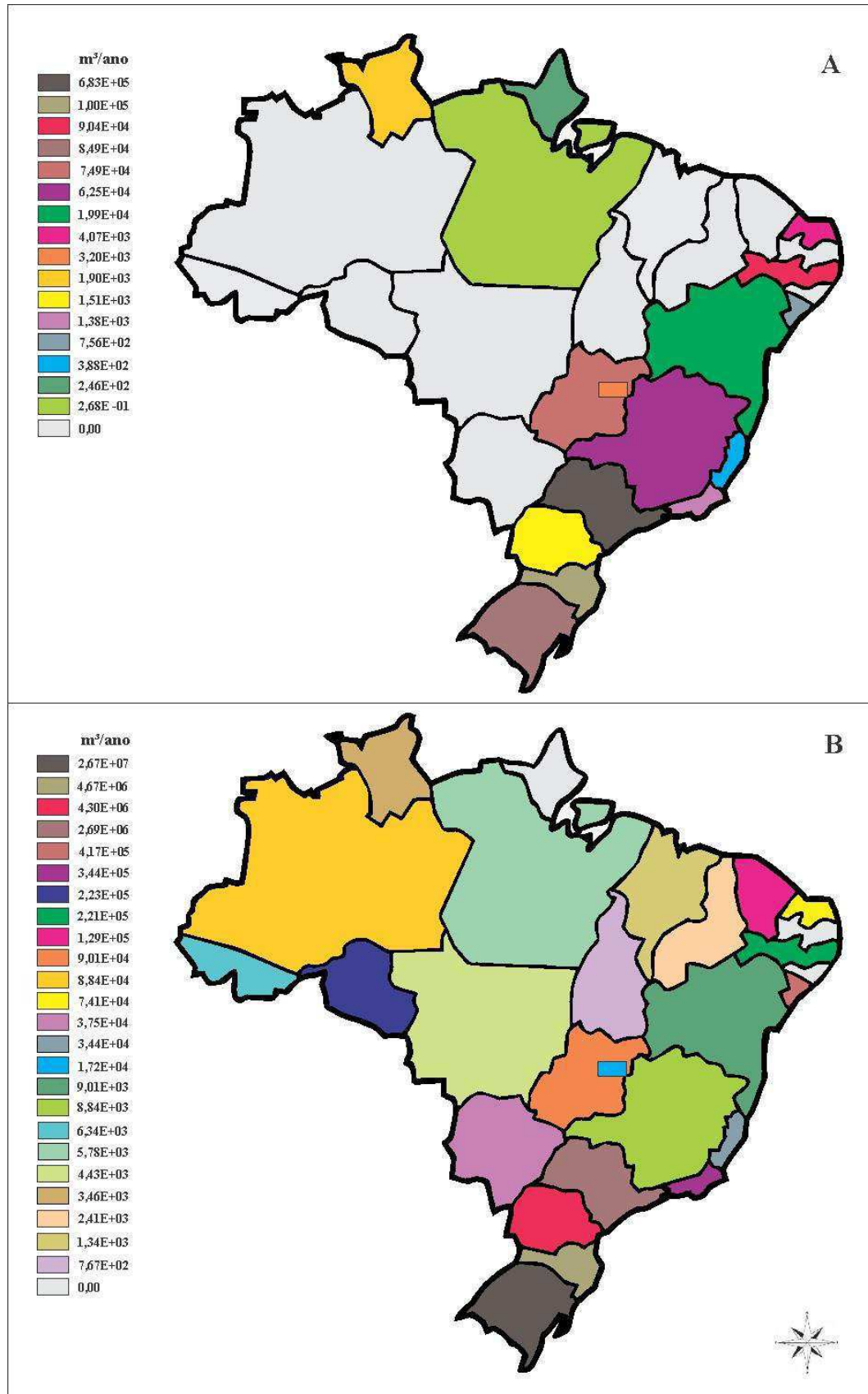


Figura 20. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* cebola

Na Tabela 19, constam os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* cebola, é possível verificar que Argentina, EUA e Uruguai são os países que recebem a maior quantidade de água virtual do Brasil, totalizando aproximadamente 1,11 Mm³/ano. O maior importador é Argentina, pois responde por 779 Km³/ano de água virtual, correspondendo a 67,74% do total exportado. Argentina também é o maior exportador de água virtual para o Brasil, respondendo por 93,32% do total da água virtual que o país recebe nessa *commodity*. A cebola é cultivada em vários estados brasileiros: Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Os Estados da Bahia e Pernambuco são os maiores produtores de cebola; no entanto, o Brasil não é autossuficiente na produção de cebola, pois o país possui um saldo negativo em relação ao balanço de água virtual de 38,91 Mm³/ano. O alto consumo deste bulbo durante o ano, associado às menores safras em algumas regiões produtoras, em determinados períodos do ano, torna essencial sua importação, principalmente da Argentina, Holanda e Espanha (Schmitt, 2010).

Tabela 19. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* cebola

Países importadores de cebola do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	7,79E+05	67,74
EUA	1,77E+05	15,36
Uruguai	1,52E+05	13,21
Espanha	2,43E+04	2,11
Colômbia	4,43E+03	0,38
Porto Rico	2,47E+03	0,22
Venezuela	1,90E+03	0,17
Países Baixos (Holanda)	1,73E+03	0,15
Chile	1,47E+03	0,13
Portugal	1,44E+03	0,13
Paraguai	1,41E+03	0,12
Angola	6,33E+02	0,06
Outros países	2,54E+03	0,22
Países exportadores de cebola para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,74E+07	93,32
Países Baixos (Holanda)	1,25E+06	3,12
Chile	8,96E+05	2,24
Espanha	3,72E+05	0,93
Nova Zelândia	7,50E+04	0,19
Uruguai	4,34E+04	0,11
EUA	1,81E+04	0,05
Bolívia	6,79E+03	0,02
Outros países	1,34E+04	0,04

4.19. Fluxo de água virtual da commodity batata inglesa no Brasil

A Figura 21A apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* batata inglesa do Brasil. O Estado de São Paulo envia para o exterior 212 Km³/ano de água virtual, seguido pelo Rio Grande do Sul com um envio de 105 Km³/ano de um total de 418 Km³/ano de todo o país. A Figura 21B exibe a distribuição espacial da água virtual importada dessa *commodity*. O Brasil recebe um total de 4,47 Mm³/ano de água virtual, dessa forma o país recebe mais água virtual do que envia, obtendo um saldo negativo de 4,05 Mm³/ano. Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo são os estados que recebem o maior volume de água virtual com uma participação de 76,07% do total importado. A batata inglesa é em todo o mundo a quarta cultura agrícola na ordem de importância, depois do trigo, arroz e do milho. Essa batata é um dos principais alimentos básicos da humanidade, pois 125 países cultivam e mais de um bilhão de pessoas consomem batata em todo o mundo. Preconiza-se que no futuro próximo, nossos alimentos terão origem de poucas culturas agrícolas, tais como o trigo, arroz, feijão, batata, mandioca e de outros grãos e cereais (Salles, 2001).

No Brasil, o Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores de batata inglesa, superado apenas por Minas Gerais, São Paulo e Paraná. A posição do Rio Grande do Sul na produção de batata resulta mais da baixa produtividade do que da área cultivada. Em 2004, o estado colheu 292.457 toneladas de batata numa área de 25.494 ha, ao passo que Minas Gerais colheu 751.460 toneladas numa área de 37.264 ha. Assim, a produtividade média dos gaúchos foi apenas 55% da produtividade obtida pelos mineiros (Pereira et al, 2005). As regiões Sul e Sudeste (PR, SC, RS, MG e SP) são as principais produtoras, contribuindo com aproximadamente 98% da área plantada no Brasil. Estados como Paraíba, Bahia, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Sergipe e o Distrito Federal produzem batata em microclimas específicos ou durante épocas do ano em que as temperaturas são baixas (ABBA, 2008).

O total de água virtual exportada do Brasil registrou um volume de 418 Km³/ano, já o total de água virtual importada para o país é de 4,47 Mm³/ano, resultando em um fluxo de água virtual negativo de 4,05 Mm³/ano. Isso indica que existe uma importação líquida de água virtual desta *commodity* para o Brasil.

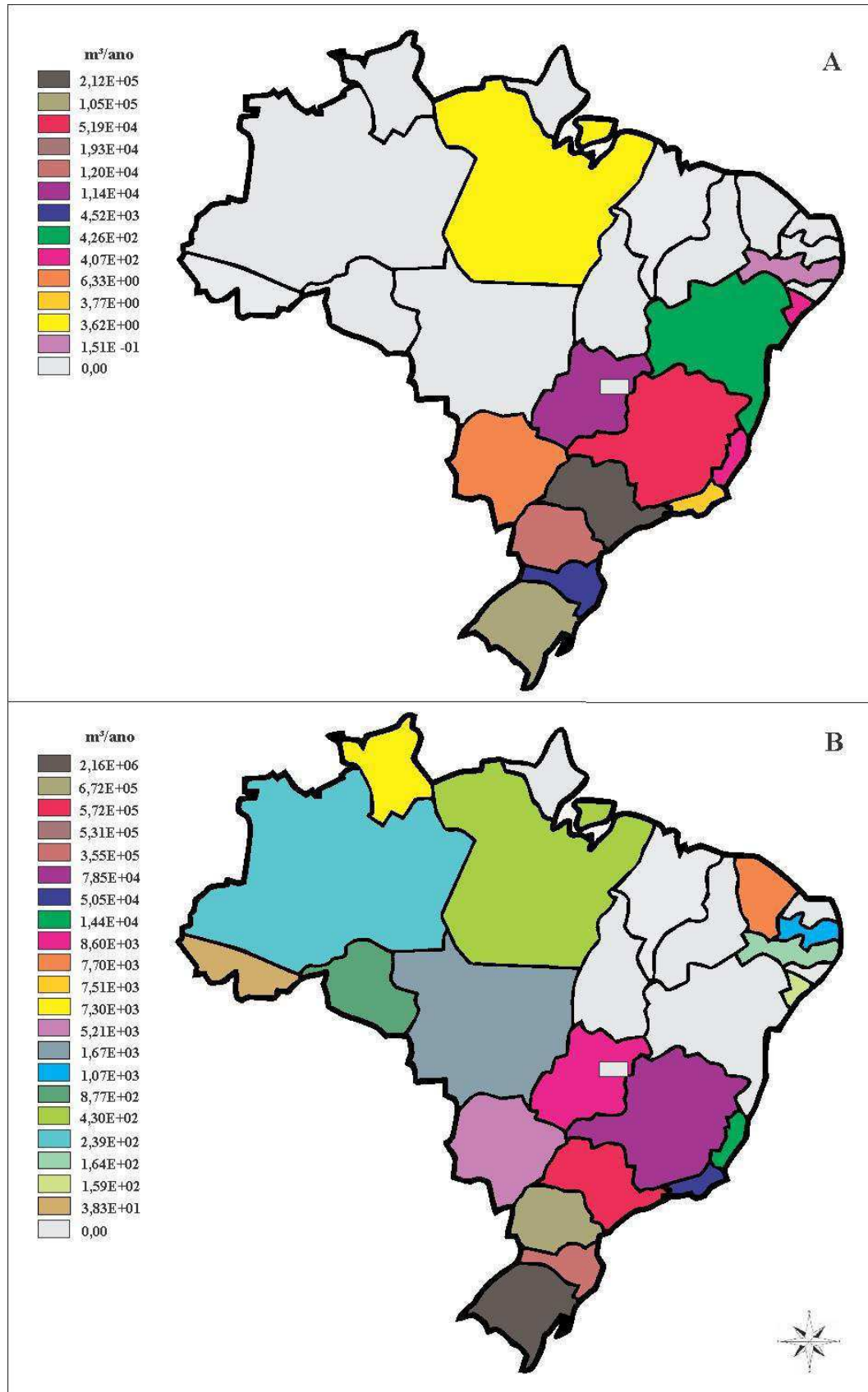


Figura 21. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* batata inglesa

A Tabela 20 exibe os países importadores e exportadores de água virtual da batata inglesa. Percebe-se que existe uma concentração de países importadores de água virtual da batata inglesa na América do Sul para o Brasil, principalmente formada pela Argentina e o Uruguai que totalizam 98,38% de toda água virtual desse produto exportado do Brasil. Por outro lado, também é possível observar que a Argentina é o país que envia a maior quantidade de água virtual para o Brasil através da importação da batata inglesa. A Argentina apresenta um balanço de água virtual da batata com um saldo positivo de 3,1 Mm³/ano, ou seja, a Argentina envia mais água virtual para o Brasil do que recebe.

Tabela 20. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* batata inglesa

Países importadores de batata inglesa do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	2,46E+05	58,79
Uruguai	1,65E+05	39,59
Angola	5,28E+03	1,26
Cabo Verde	1,11E+03	0,27
Paraguai	1,82E+02	0,04
Reino Unido	8,46E+01	0,02
Canadá	4,30E+01	0,01
França	3,33E+01	0,01
Falkland (Malvinas)	3,01E+01	0,01
Países exportadores de batata inglesa para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,34E+06	74,82
Países Baixos (Holanda)	4,80E+05	10,74
Chile	2,51E+05	5,62
Canadá	2,26E+05	5,06
Uruguai	4,60E+04	1,03
Reino Unido	2,79E+04	0,62
Suécia	2,24E+04	0,50
Alemanha	1,66E+04	0,37
Israel	1,59E+04	0,36
Bélgica	1,21E+04	0,27
EUA	1,01E+04	0,23
Venezuela	7,30E+03	0,16
França	5,79E+03	0,13
Irlanda	3,10E+03	0,07
Bolívia	3,71E+02	0,01
Espanha	2,66E+02	0,01
Outros países	2,73E+02	0,01

4.20. Fluxo de água virtual da commodity mandioca no Brasil

A Figura 22A apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada (m^3/ano) da *commodity* mandioca no Brasil. Apesar do Estado da Paraíba não ser considerado como um dos maiores produtores de mandioca (Groxko, 2012), ele é o responsável por enviar a maior quantidade de água virtual para outros países, na ordem de $57,3 \text{ Km}^3/ano$, correspondente a 44,55% do total, seguido de São Paulo com uma participação de 16,18%. Já na Figura 22B constam os estados brasileiros importadores de água virtual da *commodity* mandioca do Brasil. Apenas o Paraná e o Rio de Janeiro respondem por toda água virtual importada pelo país, que corresponde por $3,78 \text{ Mm}^3/ano$. A participação do Estado do Paraná é de 96% do total de água virtual importada do Brasil através da *commodity* mandioca.

Na América do Sul, o Brasil corresponde em média de 70 a 75% da produção de mandioca, cujo volume é da ordem de 35 milhões de toneladas. Contudo, sua produção estabilizou-se entre 26 milhões e 27 milhões de toneladas, contra 30 milhões já alcançados em 1970 (Groxko, 2012).

Ainda segundo o autor a região Nordeste é a maior produtora de mandioca, respondendo a 33% da produção nacional. Os principais estados produtores são a Bahia, Maranhão e Ceará, sendo a Bahia o maior produtor. A maior parte da produção nordestina tem como destino o consumo interno e a outra parte é transformada em farinha, goma, bijus e tapioca. A região Norte também é considerada uma grande região produtora e consumidora dos produtos de mandioca. O Pará é o principal estado produtor, ocupando o 1º lugar na produção nacional durante muitos anos. Na região Sudeste, destacam-se os estados de São Paulo e Minas Gerais, com menos de 10% da produção nacional de mandioca em raiz. A região Sul representa 24% da produção brasileira de mandioca na safra de 2010/11 e possui a maior concentração de indústrias de fécula no país, tendo o estado do Paraná como o principal produtor, responde em média por 70% da produção agrícola na região Sul e contribui com 65 a 70% do volume brasileiro da fécula. A análise do fluxo de água virtual do Brasil da *commodity* mandioca indica que o país apresenta uma importação líquida de $3,811 \text{ Mm}^3/ano$.

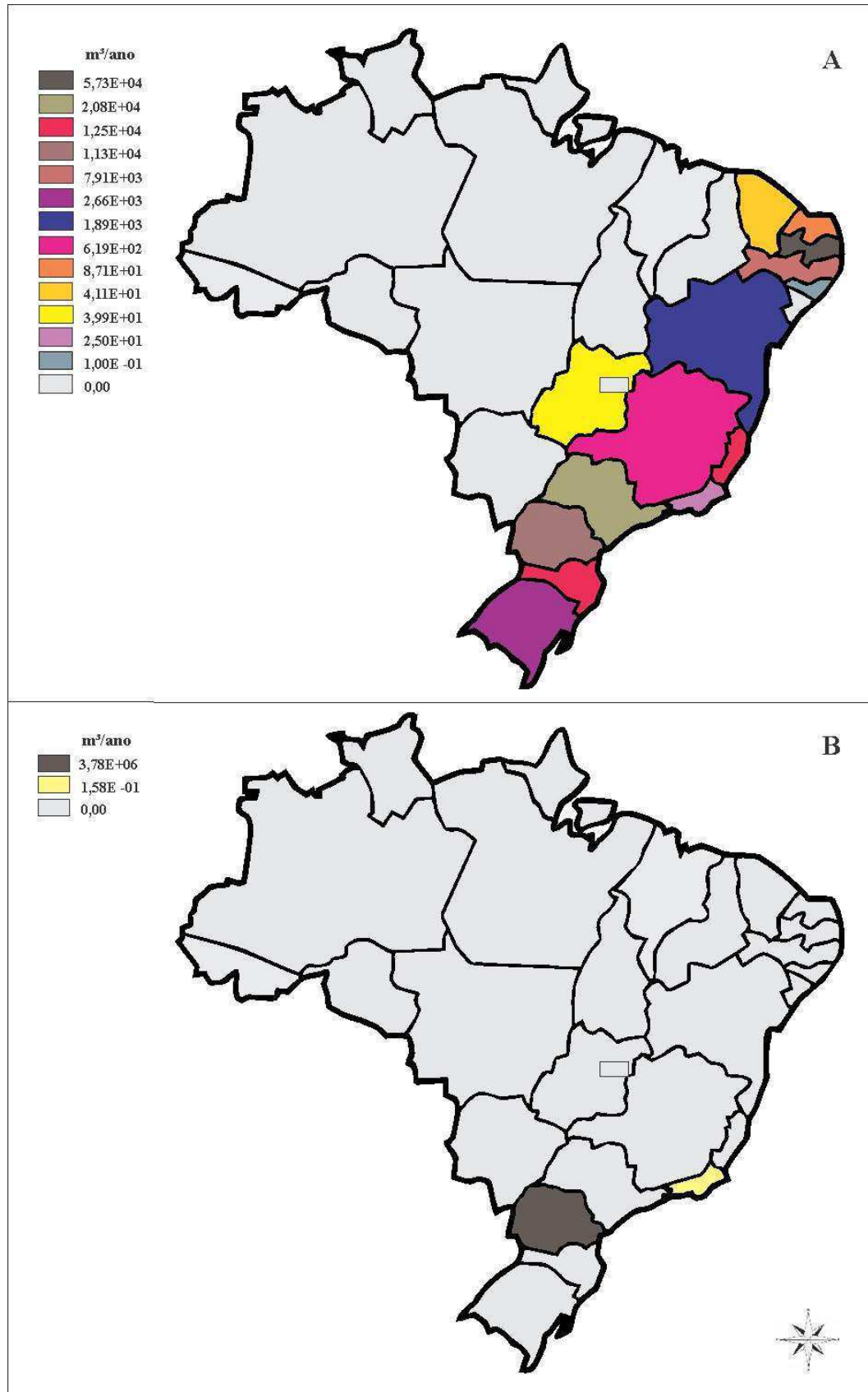


Figura 22. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity mandioca

Os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* mandioca do Brasil estão apresentados na Tabela 21. Os países da Europa são os que mais recebem água virtual desse produto do Brasil com uma participação de 62,36%, correspondendo a 80,15 Km³/ano. O Paraguai responde por praticamente toda a água virtual importada pelo Brasil, respondendo por 99,39% do total.

Tabela 21. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* mandioca

Países importadores de mandioca do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Reino Unido	5,00E+04	38,88
EUA	3,73E+04	28,99
Portugal	1,70E+04	13,24
Países Baixos (Holanda)	6,99E+03	5,44
França	5,60E+03	4,36
Uruguai	3,65E+03	2,84
Japão	2,47E+03	1,92
Canadá	2,47E+03	1,92
Cabo Verde	1,27E+03	0,99
Argentina	9,90E+02	0,77
Itália	5,18E+02	0,40
Angola	1,25E+02	0,10
Martinica	1,25E+02	0,10
Bélgica	1,98E+01	0,02
Paraguai	1,85E+01	0,01
Suíça	1,16E+01	0,01
Espanha	1,11E+01	0,01
Outros países	8,95E+00	0,01
Países exportadores de mandioca para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Paraguai	3,92E+06	99,39
Santa Helena	2,40E+04	0,61

4.21. Fluxo de água virtual da commodity alho no Brasil

A Figura 23A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* alho do Brasil. Muito embora Minas Gerais seja considerado o principal produtor, encontra-se como o quarto Estado exportador de água virtual do país da *commodity* alho, enviando 19,2 Km³/ano. O principal responsável pela exportação de água virtual desse produto do Brasil é o Estado do Rio de Janeiro, que envia 113 km³/ano, cuja participação do total brasileiro é de 48,3%, seguido do Estado de Goiás com 17,91%, que equivale a 41,8 Km³/ano de água virtual. Minas Gerais é o principal produtor de alho no Brasil, saindo de 26,927 mil toneladas em 2004 para de 23,895 mil toneladas em 2007; seu pico ocorreu em 2003 – 33,8 mil toneladas (Watanab, 2009). O segundo maior produtor foi o Rio Grande do Sul, que deteve o primeiro lugar em 2002, quando produziu 28,4 mil toneladas. Juntos, estes Estados são responsáveis por mais da metade do alho produzido no país. Por outro lado, Goiás é responsável por mais 13% do total produzido pelo país, com um pico de produção em 2003 de 24,3 mil toneladas. Ainda de acordo com Watanab (2009), a Bahia e o Ceará são os únicos Estados do Nordeste que tem o cultivo da cultura em escala comercial, produzindo em torno de 4,45% do total nacional.

De acordo com a CONAB (2015), o Brasil já foi o maior importador de alho do planeta no ano de 2005. Na Figura 23B que apresenta a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* alho para o Brasil. Apenas o Estado do Piauí não importa esta *commodity*. A produção brasileira do alho não é autossuficiente, pois o consumo per capita está aumentando e já ultrapassou o patamar de um quilograma por habitante/ano desde 2002; atingiu 1,1 quilogramas em 2006 (CONAB, 2015). Dessa forma, o país depende muito da importação para fazer frente às suas necessidades de consumo. A região Sudeste é a que recebe a maior quantidade de água virtual do exterior, na ordem de 38,5 Mm³/ano, seguida da região Sul que responde por 10,6 Mm³/ano. A região Centro-Oeste ocupa a terceira posição no ranking, recebendo 8,1 Mm³/ano, já o Nordeste recebe 2,75 Mm³/ano e o Norte 1,01 Mm³/ano de água virtual através da importação dessa *commodity*. Portanto, ficou evidenciado neste estudo que existe uma importação líquida de água virtual da *commodity* alho para o Brasil de 61,59 Mm³/ano, comprovando a dependência do país para essa *commodity*.

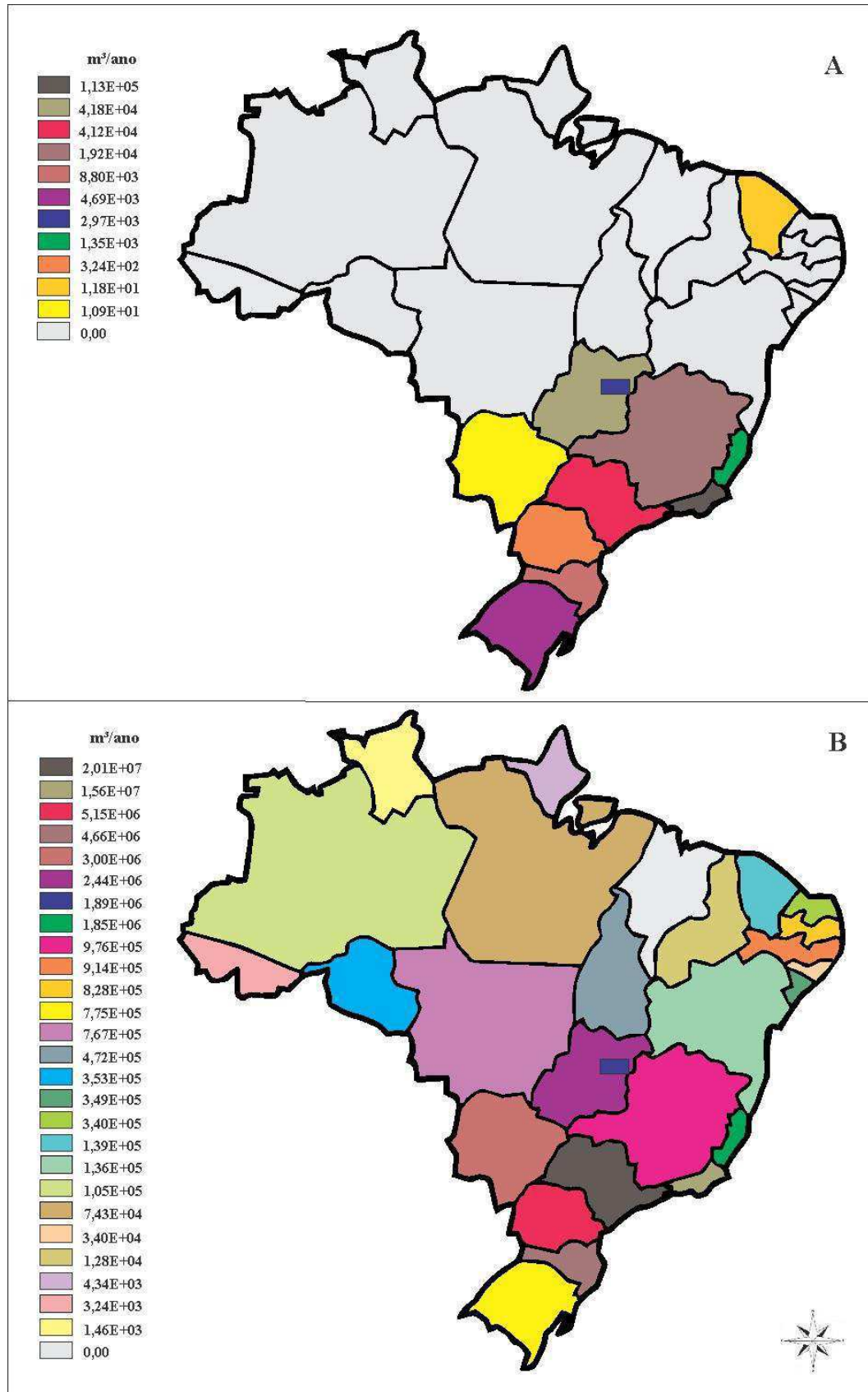


Figura 23. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity alho

A Argentina e China praticamente dividem o mercado brasileiro. O primeiro foi responsável por mais da metade do total importado até 2004, quando foi ultrapassado pela China (MDIC, 2015). Na Tabela 22 encontram-se os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* alho do Brasil. A Espanha recebe a maior quantidade de água virtual do Brasil com uma participação de 49,79%, seguida pelo Haiti e Itália, com 15,30 e 14,89%, respectivamente. Os dados do MDIC (2015) corroboram com esse resultado, pois a Argentina e a China são os maiores responsáveis pela importação de água virtual contida no alho para o Brasil, totalizando 93,9% de toda água virtual importada pelo país, correspondendo a 58 Mm³/ano. Os dados revelam que o Brasil não é autossuficiente na produção de alho, pois ele importou em média no período 61,82 Mm³/ano e exportou apenas 230 Km³/ano, resultando no déficit de 61,59 Mm³/ano.

Tabela 22. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* alho

Países importadores de alho do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Espanha	1,16E+05	49,79
Haiti	3,57E+04	15,30
Itália	3,48E+04	14,89
Uruguai	2,18E+04	9,35
Argentina	1,06E+04	4,54
Marrocos	9,72E+03	4,16
EUA	1,82E+03	0,78
França	1,50E+03	0,64
Países Baixos (Holanda)	4,33E+02	0,19
Angola	4,12E+02	0,18
Japão	1,99E+02	0,09
Paraguai	1,26E+02	0,05
Outros países	1,31E+02	0,06
Países exportadores de alho para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,07E+07	49,71
China	2,73E+07	44,19
Espanha	2,77E+06	4,48
Chile	3,27E+05	0,53
México	3,25E+05	0,53
Hong Kong	9,31E+04	0,15
Taiwain (Formosa)	6,46E+04	0,10
Jordânia	5,28E+04	0,09
Bolívia	4,80E+04	0,08
Peru	2,42E+04	0,04
Paraguai	2,33E+04	0,04
Outros países	4,21E+04	0,07

4.22. Fluxo de água virtual da commodity hortícolas no Brasil

A Figura 24A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* hortícolas do Brasil. Os cinco estados com maior exportação de água virtual são Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro, com participações de 46,36%; 32,90%; 6,88%; 4,20% e 2,17% respectivamente. Esse resultado concorda com aquele obtido por Makishima et al. (2005) muito embora as hortícolas sejam cultivadas em todos os estados, em maior ou menor escala, os principais produtores são Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Rio de Janeiro. Nesse caso, nem sempre o maior produtor é o maior exportador de água virtual, pois Goiás é o maior produtor do país, porém o maior exportado de água virtual contida nesse produto é o Estado de Minas Gerais. Efetivamente, o Brasil é o oitavo maior produtor de hortícolas no mundo, com cerca de 63 mil hectares cultivados e a produção atinge a 3,5 milhões de toneladas, o que significa uma média de 56 t/ha ou seja, o dobro da média da produtividade mundial, que chega a 27 t/ha (Makishima et al. 2005).

A Figura 24B apresenta a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* hortícolas para o Brasil. Verifica-se que o país é autossuficiente na produção de hortícolas, ou seja, a quantidade de água virtual exportada ultrapassaram a importada em 0,22%. Apenas o Rio Grande do Sul, espírito Santo e São Paulo recebem água virtual de outros países através da importação de hortícolas, destaque para o Rio Grande do Sul recebendo 6,49 Km³/ano. Neste contexto, analisando o fluxo de água virtual para a *commodity* hortícolas, pode-se afirmar que existe uma exportação líquida de água virtual de 3,05 Mm³/ano no Brasil. De acordo com Chapagain e Hoekstra (2004) são necessários 367 m³/ton de água na produção de hortícolas no Brasil enquanto a média da exigência hídrica global é de 273 m³/ton. Dessa forma, o Brasil utiliza uma maior quantidade de água na produção de hortícolas.

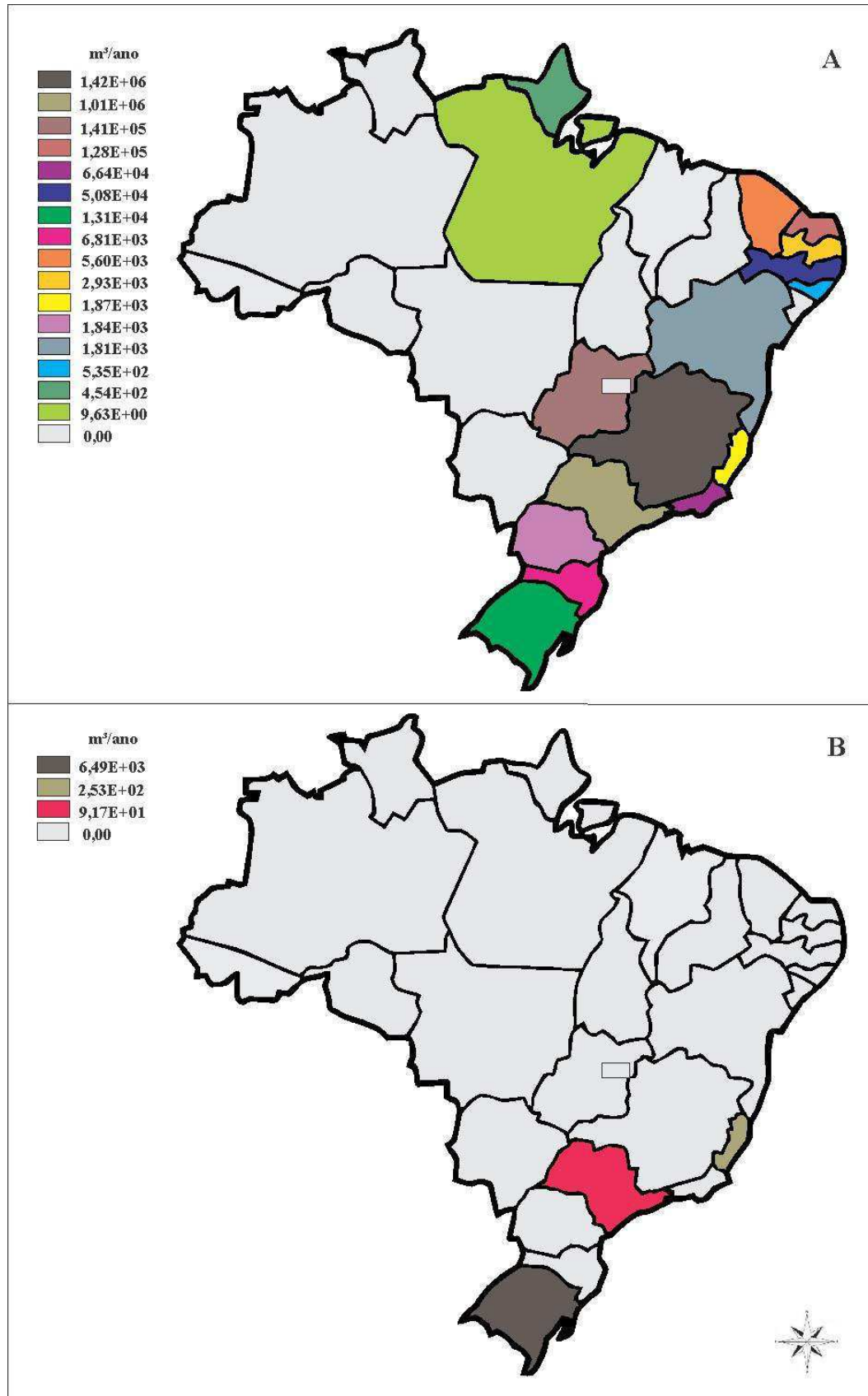


Figura 24. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity hortícolas

Na Tabela 23 constam os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* hortícolas no Brasil. Observa-se que a América do Sul, precisamente Argentina e Uruguai são os maiores importadores de água virtual do Brasil, juntos respondem por 90,94% do total importado. Por sua vez, o Uruguai exporta para o Brasil 6,49 Km³/ano de água virtual contida nas hortícolas, que corresponde a 94,95% do total. Dessa forma, o Brasil tem um saldo positivo de água virtual contida nesse produto comparando os números com o Uruguai, na ordem de 170,51 Km³/ano, ou seja, o Brasil exporta mais do que importa a *commodity* hortícolas.

Tabela 23. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* hortícolas

Países importadores de hortícolas do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	2,60E+06	85,15
Uruguai	1,77E+05	5,79
Reino Unido	1,49E+05	4,88
Espanha	4,36E+04	1,43
Canadá	1,71E+04	0,56
Itália	1,50E+04	0,49
Países Baixos (Holanda)	1,33E+04	0,44
Paraguai	1,32E+04	0,43
França	9,89E+03	0,32
Portugal	8,85E+03	0,29
Alemanha	4,27E+03	0,14
EUA	1,62E+03	0,05
Guiana Francesa	4,64E+02	0,02
Bélgica	2,72E+02	0,01
Países exportadores de hortícolas para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	6,49E+03	94,95
Turquia	2,53E+02	3,71
Egito	7,68E+01	1,12
Síria	7,58E+00	0,11
Líbano	6,83E+00	0,10
França	5,46E-01	0,01

4.23. Fluxo de água virtual da commodity leite no Brasil

A Figura 25A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* leite do Brasil. A região Sudeste além de ser a maior produtora de leite é a maior responsável por enviar água virtual através da exportação do leite para outros países, na ordem de 109 Km³/ano. O Estado de São Paulo exportou em média no período 34,3 Km³/ano. O Sul do Brasil responde por 38,56% da água virtual exportada, correspondendo a 78,5 Km³/ano. Apesar do crescimento na produção do leite no Nordeste, a região é responsável por enviar apenas 2,38 Km³/ano. O Estado de Alagoas, apesar de não ser um dos maiores produtores de leite do país, é o estado que mais exporta água virtual para outros países do mundo com uma contribuição de 1,3 Km³/ano. No contexto geral, o Brasil vem apresentando constante crescimento na produção de leite. Apenas em 2008, se comparada ao ano de 2007, a produção nacional apresentou um crescimento de 5,5%. A região Sudeste é a maior produtora de leite alcançando 36% da produção nacional, na segunda posição está a região Sul, com 29% do total produzido pelo país. As duas regiões computam 65% da produção brasileira. A participação da região Nordeste em relação à produção nacional vem ganhando força na última década, tendo sido a segunda região que mais cresceu em participação neste período, cerca de 69%. O Nordeste brasileiro é responsável por 12% de todo o leite produzido no País (Guedes et al., 2009). De acordo com o IBGE (2011) merece destaque na região Nordeste, além da Bahia e Pernambuco, o Estado do Ceará, 3º maior produtor da região e o Maranhão é o 4º colocado. O Maranhão apresenta a segunda maior taxa de crescimento no Nordeste, 156%. O Piauí apresentou o menor percentual de crescimento na década analisada, aumentando em apenas 7% sua produção (IBGE, 2011).

Na Figura 25B está exibida a distribuição espacial dos estados importadores de água virtual da *commodity* leite para o Brasil. São Paulo e Rio Grande do Sul são os estados brasileiros que recebem a maior quantidade de água virtual através da importação do leite, 16 Mm³/ano e 13,9 Mm³/ano, respectivamente, juntos respondem por 79,01% do total importado pelo país. O fluxo de água virtual calculado para a *commodity* leite para o Brasil resultou em um saldo negativo, indicando que existe uma importação líquida de 37,68 Mm³/ano de água virtual.

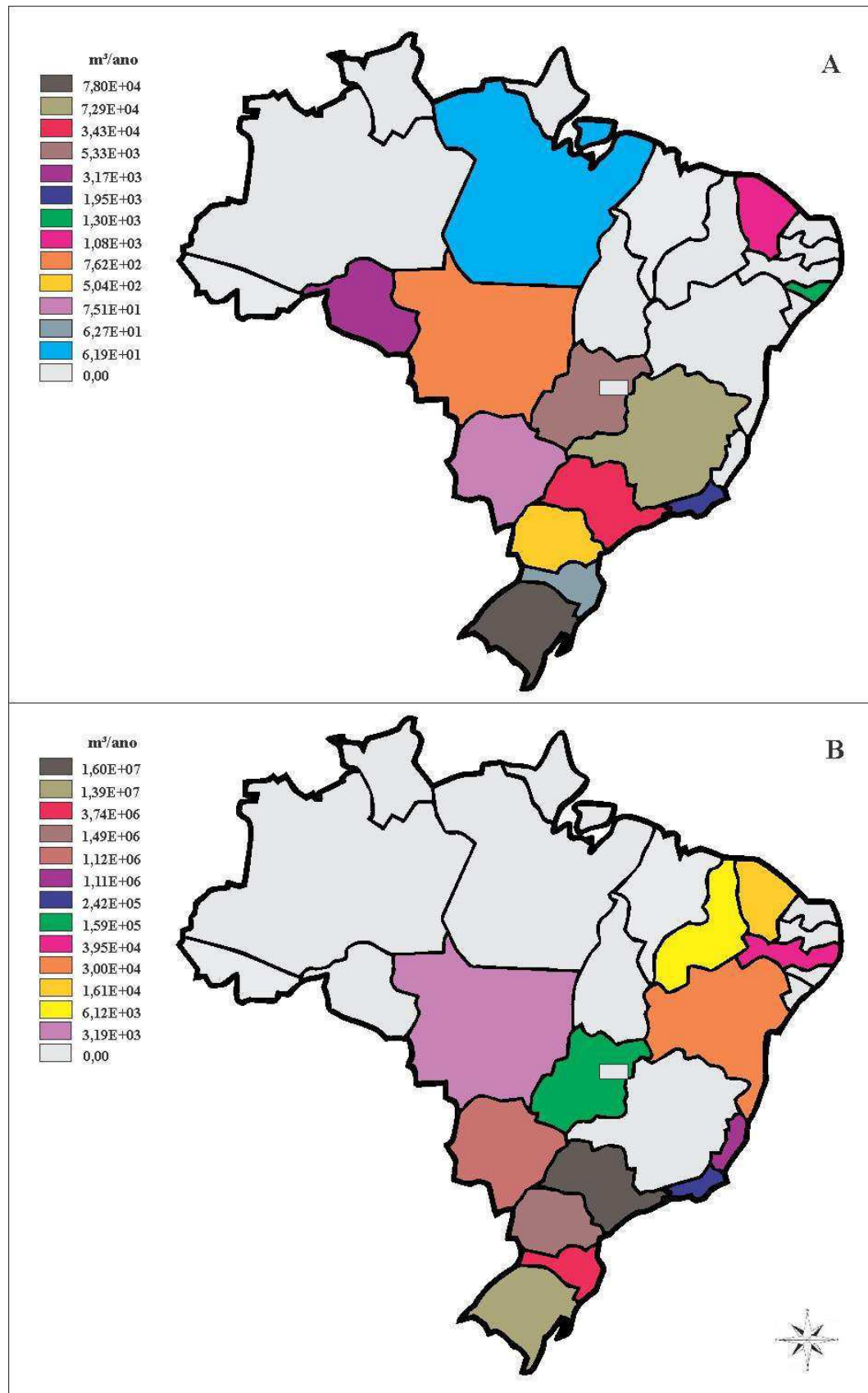


Figura 25. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* leite

As exportações brasileiras, segundo Embrapa Gado de Leite (2010), ainda são pequenas se comparadas a sua produção, visto que o país exporta menos de 0,5% da sua produção, suas exportações concentram-se principalmente na América e na África, o que representou 93% do total exportado pelo Brasil em 2008. A Tabela 24 apresenta os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* leite. Os dados divulgados pela Embrapa Gado de Leite (2010) concordam com este estudo, pois é na América e na África que está concentrada a maior quantidade de água virtual através da exportação do leite, a América totalizando 149,147 Km³/ano e a África 52,32 Km³/ano. Ainda de acordo com a Embrapa Gado de Leite (2010), a União Europeia, Nova Zelândia e os Estados Unidos são os maiores exportadores de quase todos os derivados lácteos. Em 2008, a União Europeia foi responsável por 14,1% das exportações totais de lácteos, a Nova Zelândia por 10% e os Estados Unidos por 4,6%. Efetivamente, é da América do Sul que é enviado a maior quantidade de água virtual para o Brasil através da importação do leite, que corresponde a 99,92% do total, ou seja, 37,89 Mm³/ano.

Tabela 24. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* leite

Países importadores de leite do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Venezuela	1,28E+05	63,02
Angola	2,52E+04	12,40
Mauritânia	1,48E+04	7,27
Cabo Verde	9,60E+03	4,71
Paraguai	7,25E+03	3,56
Bolívia	6,71E+03	3,29
Argentina	3,88E+03	1,90
Chile	2,45E+03	1,20
China	1,60E+03	0,78
Moçambique	1,55E+03	0,76
Gana	1,17E+03	0,58
EUA	7,96E+02	0,39
Antilhas Holandesas	7,18E+01	0,04
Outros países	1,94E+02	0,10
Países exportadores de leite para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	2,76E+07	72,76
Argentina	9,05E+06	23,89
Paraguai	1,24E+06	3,27
França	1,59E+04	0,04
Países Baixos (Holanda)	8,04E+03	0,02
Itália	3,24E+03	0,01

4.24. Fluxo de água virtual da commodity queijo no Brasil

A Figura 26A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada (m^3/ano) da *commodity* queijo do Brasil. Existe uma concentração de estados exportadores desse produto para o exterior na região Sul, porém as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte possuem uma boa participação no envio da água virtual para outros países. A região Sul, por exemplo, tem uma participação de 43,76% de toda água virtual exportada, mas ainda menor que a região Sudeste que tem 51,45% do total. O Paraná se destaca como o estado que mais contribui enviando um total de 7,95 Mm^3/ano , seguido de São Paulo com uma contribuição de 6,96 Mm^3/ano . No Centro-Oeste, o Estado de Goiás é o maior responsável, enviando 922 Km^3/ano de água virtual e na região Norte, o Estado de Rondônia envia 13,3 Km^3/ano .

A Figura 26B exibe os estados brasileiros importadores de água virtual da *commodity* queijo para o Brasil. É possível perceber a dependência do país quanto ao queijo, pois praticamente todos os estados importam esse produto. O Brasil recebe um total de 73,5 Mm^3/ano de água virtual, a região Sudeste se destaca pois recebe 53,2 Mm^3/ano com uma participação de 72,44% do total importado, em seguida está a região Sul com uma participação de 21,30%, que corresponde a 15,6 Mm^3/ano ; na sequência estão as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, com participações de 3,35%; 2,67% e 0,24%, respectivamente.

O total de água virtual exportada da *commodity* queijo do Brasil é de 21 Mm^3/ano , enquanto o total de água virtual importada chega a um volume de 73,5 Mm^3/ano . O cálculo do fluxo de água virtual resulta em um saldo negativo o que indica que existe uma importação líquida de água virtual no país.

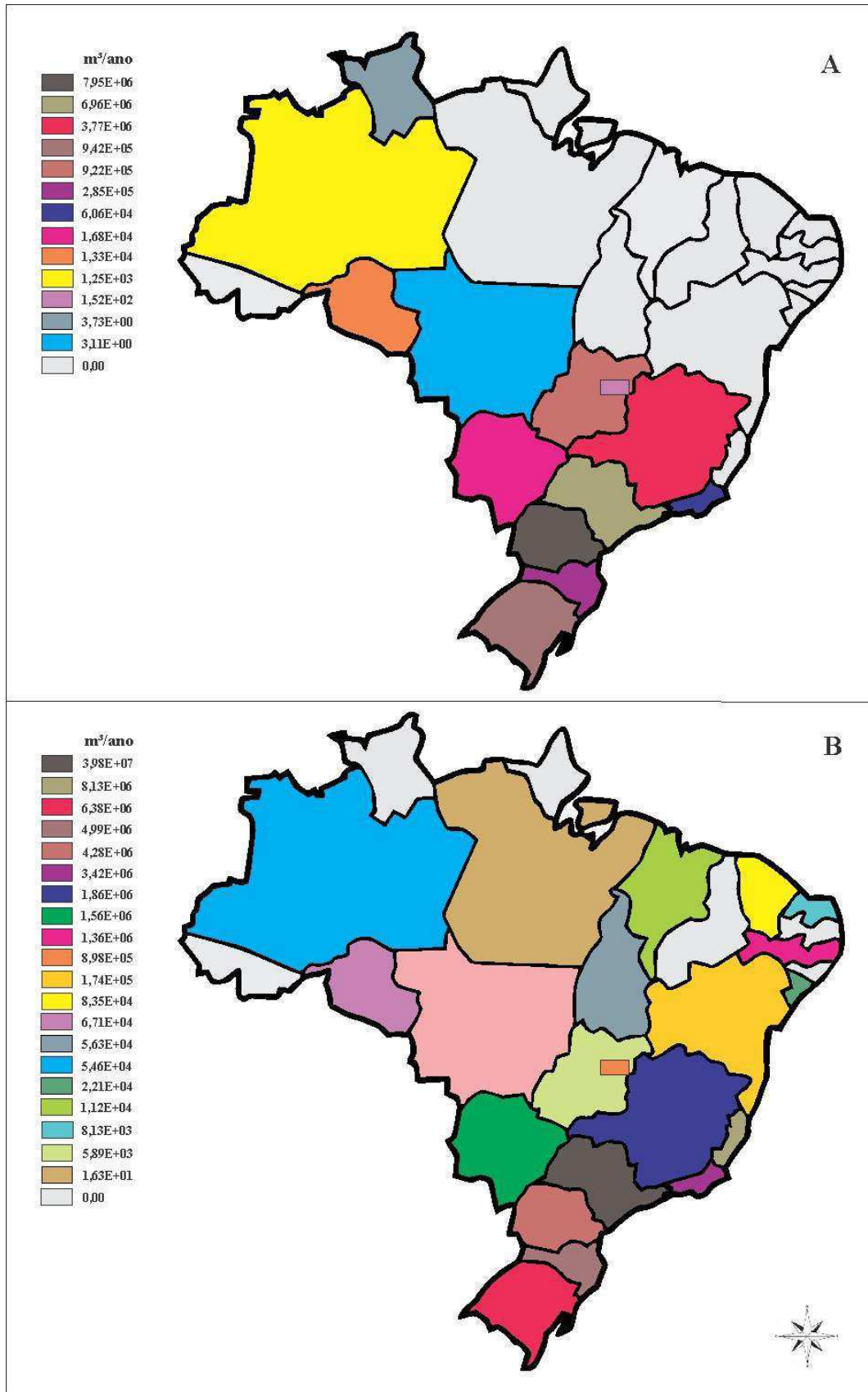


Figura 26. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* queijo

A Tabela 25 expõe os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* queijo no Brasil. A Argentina é o país que recebe a maior quantidade de água virtual com 5,72 Mm³/ano, seguido do Chile com uma participação de 16,21%, que equivale a 3,4 Mm³/ano de água virtual. Por sua vez, a Argentina também é o maior exportador de água virtual para o Brasil, que responde por 52,49% do total, ou seja, 38,6 Mm³/ano; o Uruguai é responsável por 25,27% do total que equivale a 18,6 Mm³/ano de água virtual. Esse resultado concorda com os dados MDIC (2015), que afirmam que o Brasil importou 24% dos queijos do Uruguai.

Tabela 25. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* queijo

Países importadores de queijo do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	5,72E+06	27,26
Chile	3,40E+06	16,21
Coreia do Sul	2,53E+06	12,05
EUA	2,32E+06	11,08
Taiwan (Formosa)	1,43E+06	6,84
Angola	9,71E+05	4,63
Uruguai	9,21E+05	4,39
Paraguai	8,76E+05	4,18
Venezuela	4,93E+05	2,35
Japão	3,97E+05	1,89
Arábia Saudita	3,03E+05	1,45
Colômbia	2,16E+05	1,03
Filipinas	1,82E+05	0,87
China	1,38E+05	0,66
Peru	1,38E+05	0,66
Gana	1,13E+05	0,54
Outros países	8,21E+05	4,46
Países exportadores de queijo para o Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,86E+07	52,49
Uruguai	1,86E+07	25,27
Países Baixos (Holanda)	3,92E+06	5,33
Nova Zelândia	2,92E+06	3,98
França	2,05E+06	2,79
EUA	1,78E+06	2,42
Suíça	1,54E+06	2,10
Itália	1,40E+06	1,90
Dinamarca	7,58E+05	1,03
Alemanha	7,44E+05	1,01
Canadá	4,27E+05	0,58
Austrália	3,12E+05	0,43
Outros países	4,92E+05	0,66

4.25. Fluxo de água virtual da commodity manteiga no Brasil

A produção de manteiga, está concentrada em três regiões do mundo, o Sul da Ásia (43,3%) onde estão localizados a Índia, Paquistão e Irã que são grandes consumidores de lácteos, a Europa Ocidental (13,8%) e América do Norte (4,9%) (Wilkinson et al., 2009). Estimativas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (FAO/OECD, 2007) para 2008 apontaram um equilíbrio entre produção e consumo mundial de manteiga em torno de 9,5 milhões de toneladas, onde os países desenvolvidos contribuem com 3,58 milhões e os em desenvolvimento com 5,98 milhões de toneladas.

A Figura 27A exibe a distribuição espacial dos estados brasileiros exportadores da água virtual da *commodity* manteiga. Os dados revelam que existe uma grande retirada de água virtual do país, na ordem de 9,54 Mm³/ano através da exportação da manteiga. A região Sul é responsável por exportar 8,51 Mm³/ano, o Rio Grande do Sul responde por 70,03% do total exportado; enquanto que o Sudeste responde por uma exportação de 950 Km³/ano, que corresponde a 9,97% do total do total de água virtual exportado pelo país. Por outro lado, analisando a Figura 27B, que exibe a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* manteiga pelo Brasil, é possível observar que o Estado de São Paulo é o que recebe a maior quantidade de água virtual através da importação da manteiga, 49,56% do total que equivale a 11,7 Mm³/ano. O Espírito Santo encontra-se na segunda posição com 5,84 Mm³/ano de água virtual importada pelo país. O Brasil recebe um total de 23,5 Mm³/ano e envia 9,54 Mm³/ano, resultando em um saldo negativo de 13,98 Mm³/ano de água virtual de manteiga o que indica que existe uma importação líquida de água virtual no país. A região Nordeste possui pouca expressão no comércio de água virtual, pois importa apenas 1,35 Mm³/ano, que corresponde apenas 5,73% do total, sendo, entretanto, Pernambuco o estado com maior contribuição, 793 Km³/ano.

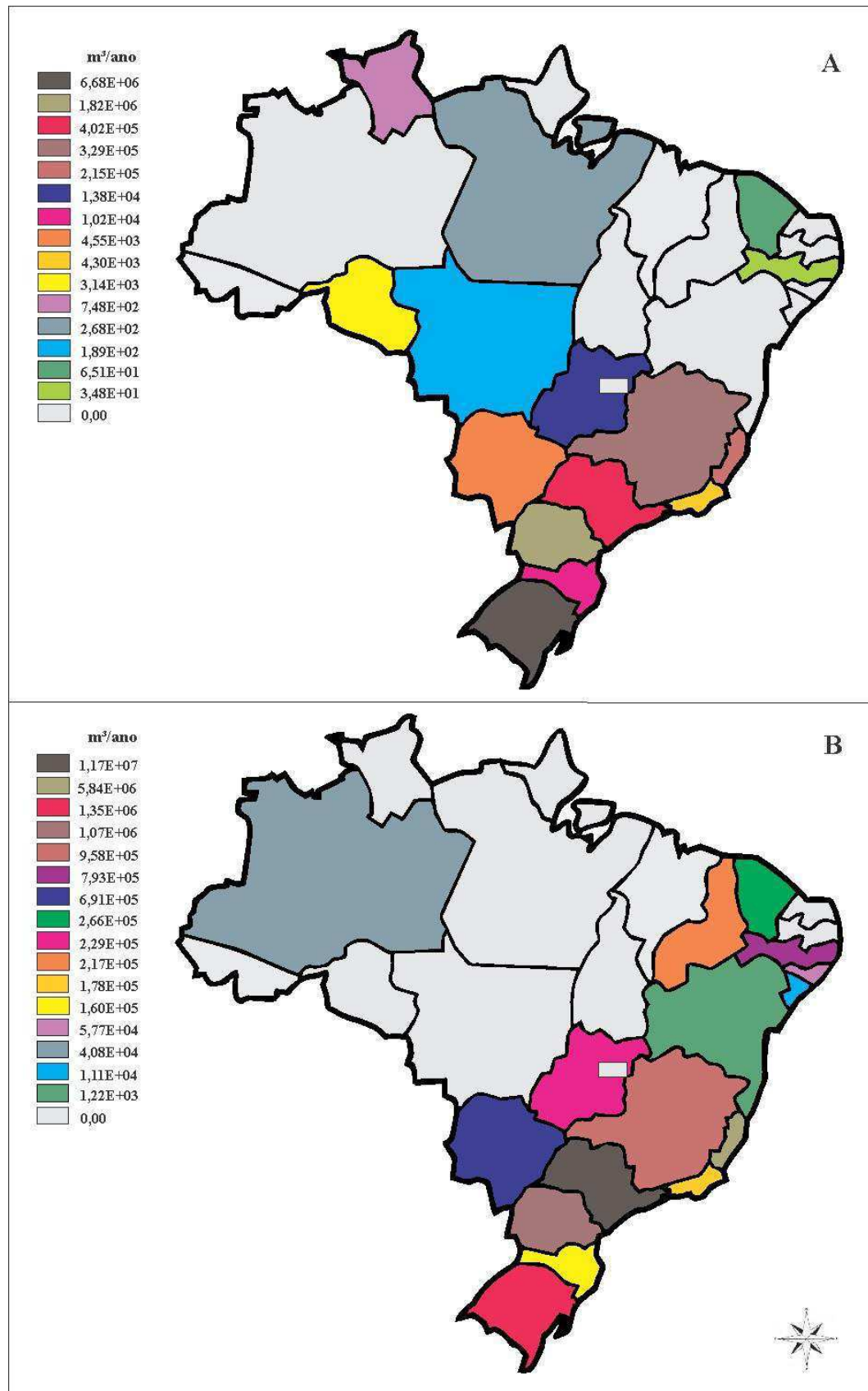


Figura 27. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity manteiga

A Tabela 26 exhibe os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* manteiga. Os países do Oriente Médio são quem mais importam manteiga do Brasil, na ordem 5,81 Mm³/ano. Por sua vez, a América do Sul, representada pelos países: Uruguai e Argentina são os principais exportadores de água virtual para o Brasil, cerca de 21,02 Mm³/ano, que corresponde a participação de 89,17% de total importado pelo Brasil.

Tabela 26. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* manteiga

Países importadores de manteiga do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Egito	2,28E+06	23,93
Iêmen	1,70E+06	17,82
Coveite (Kuweit)	7,53E+05	7,90
Geórgia	7,14E+05	7,49
Rússia	6,48E+05	6,79
Marrocos	5,94E+05	6,23
Arábia Saudita	4,85E+05	5,08
Cuba	3,72E+05	3,90
Turquia	3,17E+05	3,32
Países Baixos (Holanda)	2,19E+05	2,30
Canadá	1,88E+05	1,97
Catar	1,66E+05	1,74
Argélia	1,43E+05	1,50
Paraguai	1,33E+05	1,40
Jordânia	1,29E+05	1,36
Emirados Árabes Unidos	1,20E+05	1,26
EUA	9,68E+04	1,01
Líbano	7,06E+04	0,74
Síria	5,44E+04	0,57
Azerbaijão	4,09E+04	0,43
Outros países	3,10E+05	3,25
Países exportadores de manteiga para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	1,35E+07	57,21
Argentina	7,52E+06	31,96
Nova Zelândia	9,59E+05	4,08
Canadá	6,51E+05	2,77
França	3,91E+05	1,66
Dinamarca	1,44E+05	0,61
Austrália	1,04E+05	0,44
Alemanha	1,04E+05	0,44
Reino Unido	6,94E+04	0,30
Colômbia	5,21E+04	0,22

4.26. Fluxo de água virtual da commodity ovos de galinha no Brasil

A Figura 28A apresenta a distribuição espacial da água virtual exportada (m^3/ano) da *commodity* ovos de galinha do Brasil. Os cinco estados com maiores expressões na exportação de água virtual do Brasil para outros países se encontram nas regiões Sul e Sudeste, o Paraná é primeiro colocado no ranking com $7,93 Mm^3/ano$ que corresponde a $34,40\%$ do total exportado; na segunda posição está o Estado de São Paulo contribuindo com $6,5 Mm^3/ano$, o que representa $28,18\%$; em seguida, vem o Estado do Rio Grande do Sul com $4,98 Mm^3/ano$ ($21,60\%$), o Estado de Minas Gerais com $1,31 Mm^3/ano$ e na quinta posição está o Distrito Federal com $1,11 Mm^3/ano$ de água virtual exportada do país através da *commodity* ovos de galinha. Por outro lado, a Figura 28B apresenta a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* ovos de galinha para o Brasil. São Paulo, Minas Gerais e Paraná são os estados que recebem a maior quantidade de água virtual através da importação de ovos de galinha, com participações de $63,25\%$; $14,91\%$ e $14,88\%$, respectivamente, de toda água virtual importada pelo país. O Brasil recebe $591 Km^3/ano$ de água virtual contra $23,1 Mm^3/ano$ de exportação, dessa forma o país possui um saldo positivo de $22,47 Mm^3/ano$, ou seja, os números de exportação da *commodity* ovos de galinha são bem maiores que os da importação; dessa forma o país é autossuficiente na produção de ovos de galinha. Nesse contexto, a produção mundial de ovos em 2011 ficou em torno de 1,22 trilhão de unidades anuais, espalhando-se por todos os continentes do planeta. Dados do Departamento de Economia Rural (DERAL, 2013) afirmam que os principais países produtores de ovos (unidades) são: China ($482,974$ bilhões), EUA ($91,855$ bilhões), Índia ($63,500$ bilhões), México ($47,623$), Japão ($41,900$ bilhões), México ($47,623$ bilhões), Rússia ($40,788$ bilhões) e Brasil ($40,731$ bilhões). Ainda do acordo com dados estatísticos da FAO e no mesmo período de análise, o Brasil experimentou um crescimento de $29,62\%$ na produção nacional de ovos, saindo de $31,423$ bilhões de unidades em 2003, para $40,731$ bilhões em 2011. Entre os produtores mundiais, sete países representam $66,59\%$ da produção mundial. O Brasil aparece na condição de sétimo produtor de ovos, com $40,731$ bilhões de unidades anuais, que representam $3,34\%$ da produção total do mundo. Segundo dados do IBGE (2011) o Brasil produziu $3,394$ bilhões de dúzias de ovos ou $40,728$ bilhões de unidades. A participação das regiões geográficas na produção de ovos comerciais, é a seguinte (ano base: 2011): Sudeste ($42,34\%$), Sul ($27,29\%$), Nordeste ($15,14\%$), Centro Oeste ($11,51\%$) e Norte ($3,71\%$).

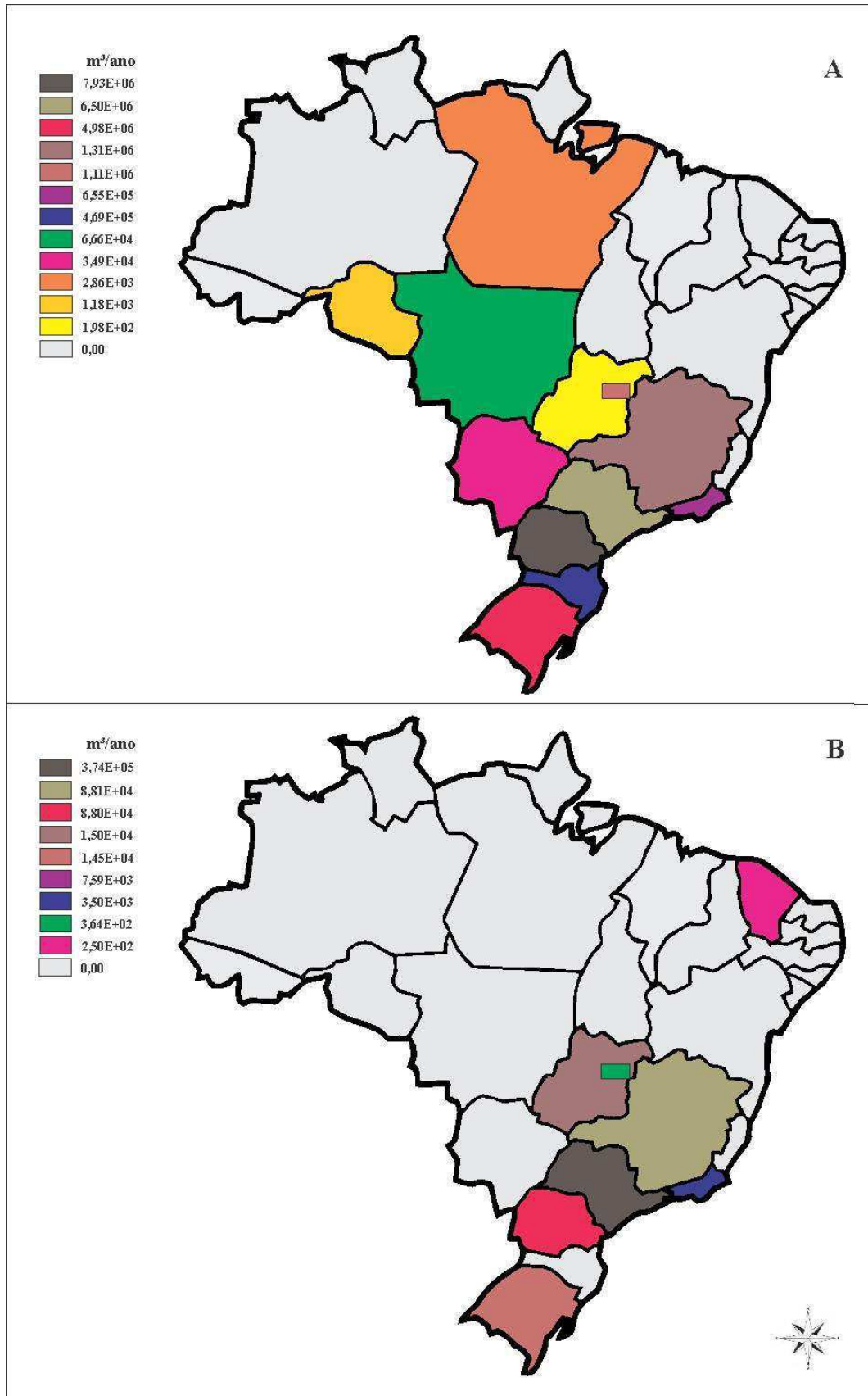


Figura 28. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da *commodity* ovos de galinha

A Tabela 27 exhibe os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* ovos de galinha no Brasil. A América do Sul tem uma participação de aproximadamente 55% de toda água virtual exportada do Brasil contida nos ovos de galinha. Os Emirados Árabes encontram-se na terceira posição consumindo 2,18 Mm³/ano de água virtual do país. Por outro lado, os EUA é o principal exportador desse produto para o Brasil, que corresponde a 62,59% do total de água virtual exportada para o país.

A distribuição do volume importado pelos países indica que em 2014 os Emirados Árabes permaneceram como maior importador de ovos, sendo responsável por 78,2% do volume anual exportado pelo Brasil. Angola também permaneceu como segundo maior importador de ovos com uma representação 12,2% das exportações brasileiras. Uma perda significativa, considerando que em 2013, foram responsáveis por 43,1% dos embarques. Em terceiro lugar, vem a Bolívia que aumentou sua representatividade em 3,38 pontos percentuais e tomou o posto que, em 2013, pertenceu a Congo, sendo responsável por 4,90% das exportações brasileiras. Por fim, Congo, Hong Kong, Cabo Verde e Japão completaram a relação dos países que importaram ovos do Brasil. O volume importado por eles representou apenas 4,8% do volume nacional (MDIC, 2015).

Tabela 27. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* ovos de galinha

Países importadores de ovos de galinha do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Venezuela	8,30E+06	36,01
Angola	2,90E+06	12,60
Emirados Árabes Unidos	2,18E+06	9,44
Argentina	1,80E+06	7,80
Paraguai	1,65E+06	7,14
Senegal	1,50E+06	6,51
Coveite (Kuweit)	4,85E+05	2,11
Japão	4,62E+05	2,00
África do Sul	4,45E+05	1,93
Outros países	3,33E+06	14,48
Países exportadores de ovos de galinha para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
EUA	3,70E+05	62,59
Argentina	1,30E+05	22,04
França	3,36E+04	5,69
Reino Unido	2,14E+04	3,62
Países Baixos (Holanda)	1,91E+04	3,23
Outros países	1,67E+04	2,83

4.27. Fluxo de água virtual da commodity óleo de girassol no Brasil

A Figura 29A exibe a distribuição espacial da água virtual exportada da *commodity* óleo de girassol refinado do Brasil. A região Sul é a de maior expressão no envio de água virtual através da exportação do óleo de girassol refinado, com 687 Km³/ano. O Estado de Santa Catarina tem participação nas exportações de 61,56% do total; já a região Centro-Oeste é responsável por enviar 237 Km³/ano e, portanto, contribuindo com 21,02%. O Sudeste responde por 153 Km³/ano de toda água virtual exportada através da exportação desta *commodity*. Estudos realizados por Saraiva (2004) indicam que o girassol é uma cultura que se desenvolve bem na maioria dos solos agricultáveis, podendo ser cultivado em praticamente todo o território nacional, desde o Rio Grande do Sul até o hemisfério norte, no Estado de Roraima. Atualmente, ele é cultivado comercialmente principalmente nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Paraná, Bahia e Ceará, principalmente na safrinha, em semeadura direta, especialmente após a cultura da soja.

Na Figura 29B, que apresenta a distribuição espacial da água virtual importada da *commodity* óleo de girassol refinado para o Brasil, é possível verificar que o país recebe uma grande quantidade de água virtual através da importação da *commodity*, na ordem de 38 Mm³/ano. Na distribuição por regiões, o Sudeste tem maior expressão importando 20,8 Mm³/ano, que representa uma participação de 54,82% do total importado. A região Sul detém 11,2 Mm³/ano garantindo a segunda posição de região importadora desse produto, com 29,55%, seguido do Nordeste com 4,14 Mm³/ano, que representa 10,90%; enquanto as regiões Centro-Oeste e Norte recebem 1,57 Mm³/ano e 224 Km³/ano, respectivamente.

O cálculo do fluxo de água virtual do Brasil da *commodity* óleo de girassol refinado indicou que no país apresenta uma importação líquida de 36,90 Mm³/ano de água virtual, colocando o Brasil numa situação de dependência de água virtual para essa *commodity*.

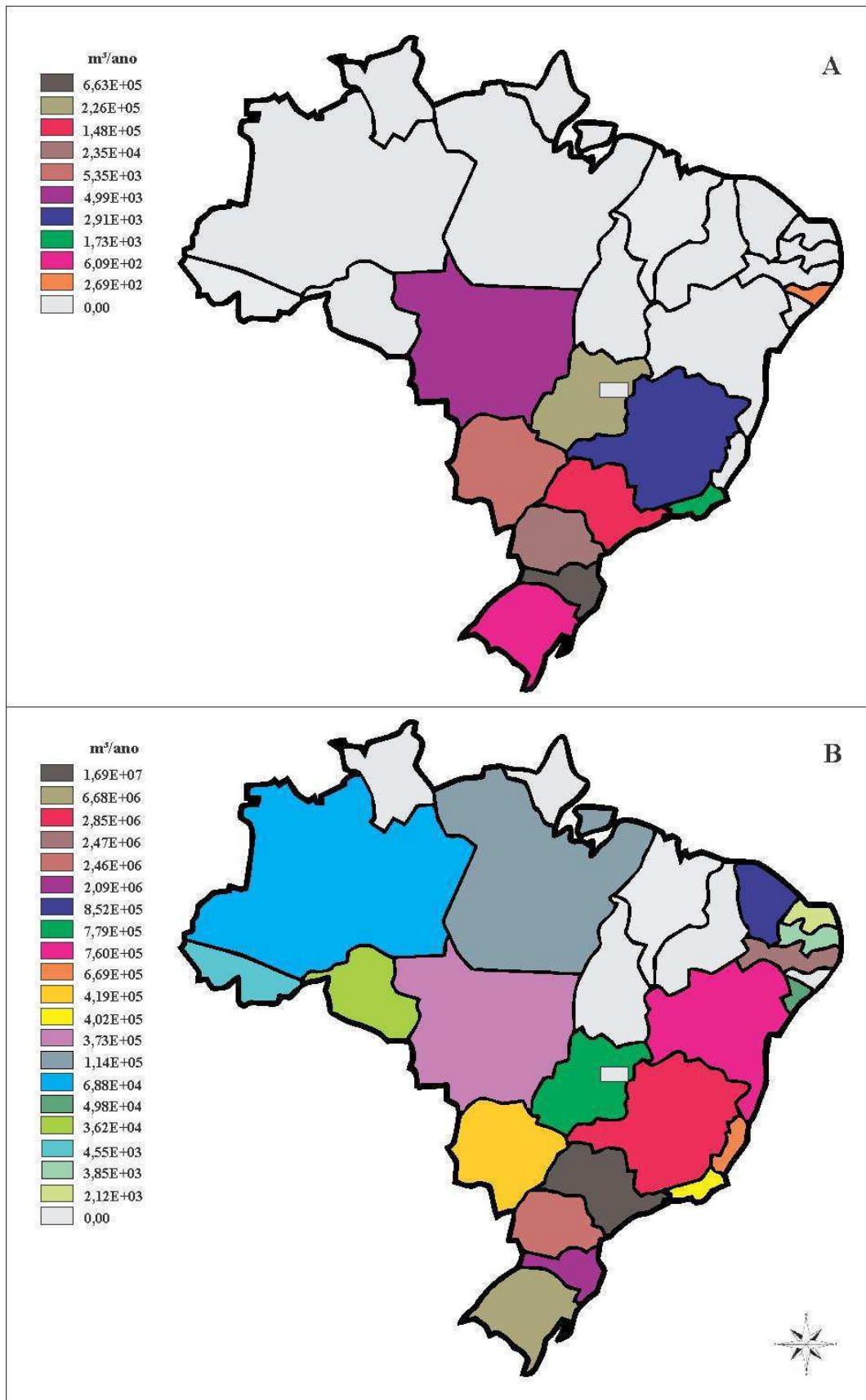


Figura 29. Estados exportadores (A) e importadores (B) de água virtual (m³/ano) da commodity óleo de girassol

A Tabela 28 exibe os países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* óleo de girassol refinado no Brasil. Os maiores importadores de água virtual do Brasil dessa *commodity* se concentram na América do Sul, Uruguai, Paraguai e Peru, pois juntos totalizam 1,45 Mm³/ano, que equivale a uma participação de 82,66% do total de água virtual exportada do Brasil. Por outro lado, a Argentina é o principal país exportador de água virtual contida nessa *commodity* para o Brasil, com uma participação de 98,92%, que corresponde a 37,6 Mm³/ano.

Tabela 28. Países importadores e exportadores de água virtual da *commodity* óleo de girassol

Países importadores de óleo de girassol do Brasil	Água virtual exportada	
	(m ³ /ano)	(%)
Uruguai	7,53E+05	70,00
Paraguai	1,03E+05	9,59
Peru	3,30E+04	3,07
Líbano	2,82E+04	2,62
Trinidad e Tobago	2,65E+04	2,46
Suriname	2,33E+04	2,16
Ilhas Cayman	2,29E+04	2,13
Chile	2,03E+04	1,89
Angola	1,60E+04	1,48
Panamá	1,48E+04	1,37
Nicarágua	1,14E+04	1,06
EUA	7,63E+03	0,71
São Vicente e Granadinas	6,70E+03	0,62
Antígua e Barbuda	2,83E+03	0,26
Japão	2,46E+03	0,23
Guiana	1,01E+03	0,09
Cabo Verde	1,00E+03	0,09
Antilhas Holandesas	5,82E+02	0,05
Moçambique	4,75E+02	0,04
Guiné Equatorial	3,00E+02	0,03
Santa Lúcia	2,10E+02	0,02
Argentina	5,76E+01	0,01
México	5,49E+01	0,01
Outros países	5,79E+01	0,01
Países exportadores de óleo de girassol para o Brasil	Água virtual importada	
	(m ³ /ano)	(%)
Argentina	3,76E+07	98,92
Uruguai	3,72E+05	0,98
Portugal	2,42E+04	0,06
Itália	1,41E+04	0,04

4.28. Fluxo de água virtual do Brasil para os principais países importadores das *commodities* analisadas neste estudo

A Figura 30 apresenta o fluxo de água virtual do Brasil para os principais países importadores das *commodities* analisadas neste estudo. O país envia um total de 67,1 Gm³/ano para todos os continentes do planeta. O Continente europeu é o que recebe a maior quantidade de água virtual do Brasil, na ordem de 27,7 Gm³/ano do total exportado, que corresponde a 41,36%. Para efeitos comparativos, o reservatório de Sobradinho tem uma capacidade de armazenamento de 34,1 bilhões de metros cúbicos, constituindo-se no terceiro maior lago artificial do mundo (Cortez, 2009). Portanto, o volume de água virtual em apenas 27 *commodities* exportada pelo Brasil anualmente é superior a capacidade de armazenamento do lago de Sobradinho. Por outro lado, Hoekstra & Mekonnen (2012) descrevem que o Brasil envia por ano indiretamente para o exterior cerca de 112 Gm³/ano de água virtual, posicionando o país como o quarto maior exportador de água virtual do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia.

Do total exportado pelo Brasil, a Rússia que recebe 8,89 Gm³/ano; dentre as 27 *commodities* estudadas o açúcar é o principal produto importado pela Rússia responde por 4 Gm³/ano, seguido da carne bovina com 2,99 Gm³/ano, a carne suína também tem uma boa contribuição 1,23 Gm³/ano. A Alemanha conquista a segunda posição, pois recebe 4,29 Gm³/ano. Nesse caso, o café é o principal responsável por esta posição, contribuindo com 89,86% do total das *commodities* importadas pelo país. A Itália é o terceiro país europeu beneficiado com a água virtual exportada do Brasil, responde por 2,53 Gm³/ano, sendo o café também o maior responsável, pois apenas com a importação desta *commodity* a Itália recebe 1,93 Gm³/ano, seguido da carne bovina que contribui com 449 Mm³/ano.

O continente Asiático também recebe uma boa quantidade da água virtual do Brasil, com o total exportado de 21,6 Gm³/ano, que corresponde a 32,26% de toda água virtual analisada exportada do Brasil. Japão é o principal país importador de água virtual do Brasil, recebendo 3,1 Gm³/ano. Apenas a *commodity* café responde por 1,47 Gm³/ano, seguido da carne de frango com 1,17 Gm³/ano e milho com uma contribuição de 440 Mm³/ano do total importado pelo Japão. O segundo país nesse continente com maior expressão na exportação brasileira de água virtual é a Arábia Saudita com cerca de 2,92 Gm³/ano da água virtual exportada do Brasil através de todas as *commodities* analisadas neste estudo. O principal produto importado por esse país é a carne de frango, que detém 1,59 Gm³/ano de água virtual; por outro lado, 516 Mm³/ano são enviados para esse país com a exportação do açúcar. O terceiro produto mais

exportado para a Arábia é a carne bovina, pois esse país recebe 451 Mm³/ano de água virtual através dessa *commodity*.

As Américas são o terceiro continente com maior participação nas exportações de água virtual do Brasil, pois responde por 9,34 Gm³/ano de toda a água virtual analisada retirada do Brasil através da exportação das 27 *commodities* analisadas no estudo. Os EUA e o Canadá recebem cada um 4,05 e 1,14 Gm³/ano do total de água virtual exportada pelo Brasil. O café e o açúcar são os principais responsáveis pela quantidade de água virtual exportada para a América do Norte, pois o café nos EUA responde por 3,67 Gm³/ano e o açúcar por 265 Mm³/ano; já em relação ao Canadá o açúcar é responsável por 761 Mm³/ano e o café por 328 Mm³/ano de toda água virtual recebida pelo país através das *commodities* analisadas. Por outro lado, na América do Sul, a Venezuela recebe a maior quantidade de água virtual do Brasil, cerca de 1,24 Gm³/ano, sendo as maiores contribuições das *commodities* carne bovina, carne de frango e açúcar. A carne bovina tem uma participação de 35,56%, que corresponde a 442 Mm³/ano; já a carne de frango participa com 31,34%, sendo o segundo maior responsável, o que equivale a 389 Mm³/ano e o açúcar responde por 263 Mm³/ano de toda água virtual exportada para o país.

A África é o quarto continente que recebe a maior quantidade de água virtual do Brasil através das exportações das *commodities* analisadas neste estudo, na ordem de 8,23 Gm³/ano, com uma participação de 12,27% do total exportado pelo Brasil. Os países que se destacam na África em relação a exportação de água virtual do Brasil são o Egito, Argélia e o Marrocos. O Egito responde por 2,65 Gm³/ano, tendo a carne bovina como seu principal produto de importação, com uma participação de 51,10% de toda água virtual que entra nesse país, correspondendo a 1,37 Gm³/ano, seguido da *commodity* açúcar com 32,64%. O açúcar também é o principal produto exportado do Brasil para a Argélia e o Marrocos, com 53,46 e 66,11%, respectivamente, correspondendo a 719 e 626 Mm³/ano de toda água virtual exportada do Brasil para estes países através das *commodities* estudadas.

A Oceania recebe a menor quantidade de água virtual do Brasil através do conjunto de *commodity* analisadas neste estudo. São enviados para esse ao continente apenas 901 Mm³/ano, tendo a Austrália como o maior importador de água virtual do Brasil, com 104 Mm³/ano.

Das *commodities* analisadas neste estudo, os produtos agrícolas são os maiores responsáveis pelo alto volume de água virtual exportada pelo Brasil, que corresponde a 28,1 Gm³/ano. As exportações pecuárias totalizam 24,6 Gm³/ano de água virtual, sendo a menor contribuição dos produtos industrializados que totalizam 14,4 Gm³/ano de água virtual exportada. Nesse contexto, Mekonnen & Hoekstra (2011), verificaram que em todos os países

do mundo, a pegada hídrica relacionada com a produção agrícola apresenta a maior parcela da pegada hídrica total no país. Por outro lado, segundo os mesmos autores há um grande número de países que reduziram o uso de seus recursos hídricos nacionais através da importação de produtos agrícolas. Japão economiza 134 Gm³/ano de seus recursos hídricos nacionais, México 83 Gm³/ano, Itália 54 Gm³/ano, o Reino Unido 53 Gm³/ano e Alemanha 50 Gm³/ano. Do ponto de vista dos recursos hídricos, espera-se que países que enfrentam estresse hídrico adotem uma estratégia comercial que alivie o problema da escassez de água. Portanto, a importação de água virtual é muitas vezes relacionada com a escassez de água em relação ao país (De Fraiture et al, 2004; Oki e Kanae, 2004; Chapagain & Hoekstra, 2008; Yang e Zehnder, 2008). Chapagain & Hoekstra (2004) afirmam que a importação líquida de água virtual relativa as *commodities* agrícolas na Espanha possui um saldo negativo de 10 km³/ano, pois exportam de 17 km³/ano e importam 27 km³/ano.

A globalização da água doce traz riscos e oportunidades. O maior risco é que os efeitos indiretos do consumo não são externalizados para outros países. Os custos associados com o uso da água no país de exportação não estão incluídos no preço dos produtos consumidos no país importador. De acordo com a teoria econômica, uma condição prévia para comércio ser eficiente e justo é que os consumidores deveriam suportar o custo total de produção e impactos (Chapagain & Hoekstra, 2008). Ainda segundo os autores outro risco é que muitos países dependem cada vez mais da importação de água através de mercadorias provenientes de outros países. Atualmente, a Jordânia importa anualmente um volume de água virtual que é cinco vezes seus próprios recursos hídricos. Outros países da mesma região, como o Kuwait, Catar, Barein, Omã e Israel, mas também países europeus como o Reino Unido, Bélgica, Holanda, Alemanha, Suíça, Dinamarca, Itália e Malta, têm uma dependência semelhante a alta importação de água.

Finalmente, o comércio global de água virtual pode aliviar a pressão da demanda de água, se os produtos são comercializados de países com alto para países com baixa produtividade da água. Por exemplo, o México importa trigo, milho e sorgo dos EUA, que exige 7,1 Mm³/ano água nos EUA. Se o México produzisse as culturas importadas no mercado interno, exigiria 15,6 Mm³/ano de água. Assim, a partir de uma perspectiva global, o comércio de cereais dos EUA para o México economiza 8,5 Mm³/ano.

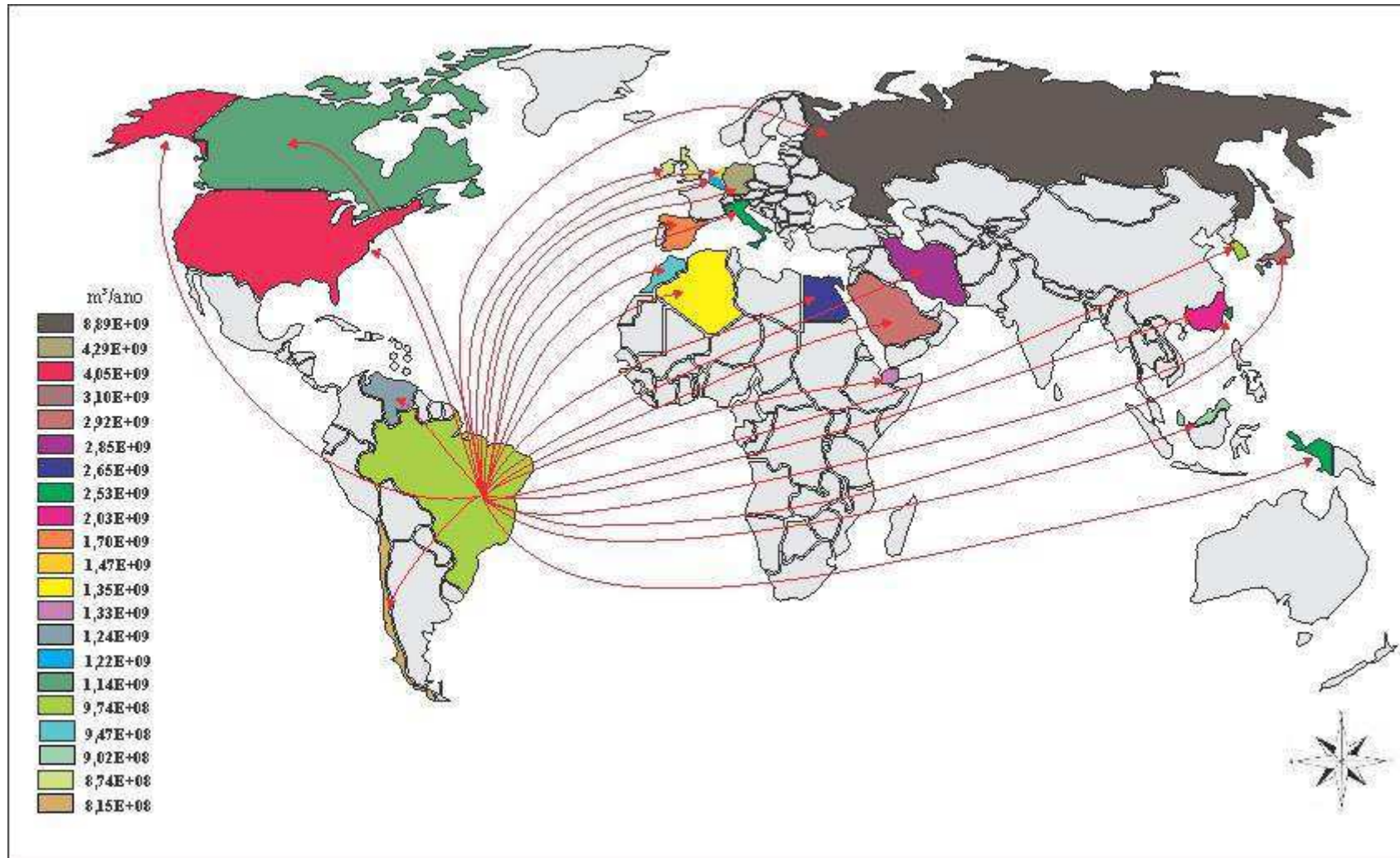


Figura 30. Fluxo de água virtual (m³/ano) do Brasil para os principais países das *commodities* analisadas neste estudo

4.29. Fluxo de água virtual dos principais países exportadores de água virtual para o Brasil.

A Figura 31 apresenta o fluxo de água virtual dos principais países exportadores de água virtual para o Brasil. O país recebe 12,3 Gm³/ano de água virtual de vários continentes do globo terrestre. O continente americano tem a contribuição mais relevante na exportação de água virtual para o Brasil, pois envia 11,9 Gm³/ano, ou seja, 97,14% do total importado pelo Brasil. A América do Sul exporta 90,88%, que corresponde a 11,2 Gm³/ano, de toda água virtual que chega das américas. O Brasil é o principal destino das *commodities* argentinas, sendo o país que envia a maior quantidade de água virtual para o Brasil, o trigo é o produto mais exportado pela Argentina para o Brasil, correspondendo a 6,43 Gm³/ano, seguido do arroz e do feijão os quais são responsáveis por enviar 646 e 387 Mm³/ano de água virtual, respectivamente. O Uruguai encontra-se na segunda posição, pois exporta 1,49 Gm³/ano de água virtual. O principal produto uruguaio importado pelo Brasil é o arroz; nesta transação são enviados 861 Mm³/ano de água virtual, seguido do trigo com 276 Mm³/ano e da carne bovina que responde por 252 Mm³/ano e os outros 98,7 Mm³/ano estão divididos entre as demais *commodities*. Exceto o café, carne suína, centeio, banana, açúcar, mandioca e ovos não fazem parte do mercado entre Uruguai e Brasil. O terceiro país de expressão da América Latina é o Paraguai, responsável por exportar 1,18 Gm³/ano de água virtual, sendo o milho, o trigo e a carne bovina, nesta sequência, os principais produtos importados pelo Brasil desse país.

A Europa, Ásia, África e a Oceania possuem pequenas participações no comércio de água virtual para o Brasil, com 0,99; 1,58%; 0,11 e 0,17%, respectivamente. Por outro lado, a França é o maior exportador de água virtual para o Brasil, com 40,1 Mm³/ano, sendo a cevada o principal produto exportado para o país, responsável por 31,8 Mm³/ano. Na Ásia, a China aparece como maior exportadora de água virtual do continente para o Brasil, enviando 137 Mm³/ano, sendo que o principal produto exportado para o Brasil é o feijão, que responde por 107 Mm³/ano de água virtual. O continente com a menor participação no comércio de água virtual com o Brasil é a África do Sul. Nesse aspecto, se encontra na trigésima segunda posição das exportações para o Brasil, sendo o feijão o produto mais exportado entre os países. Por fim, na Oceania, a Austrália exporta 5,43 Mm³/ano de água virtual para o Brasil, principalmente da *commodity* carne bovina, que é responsável por 4,87 Mm³/ano.

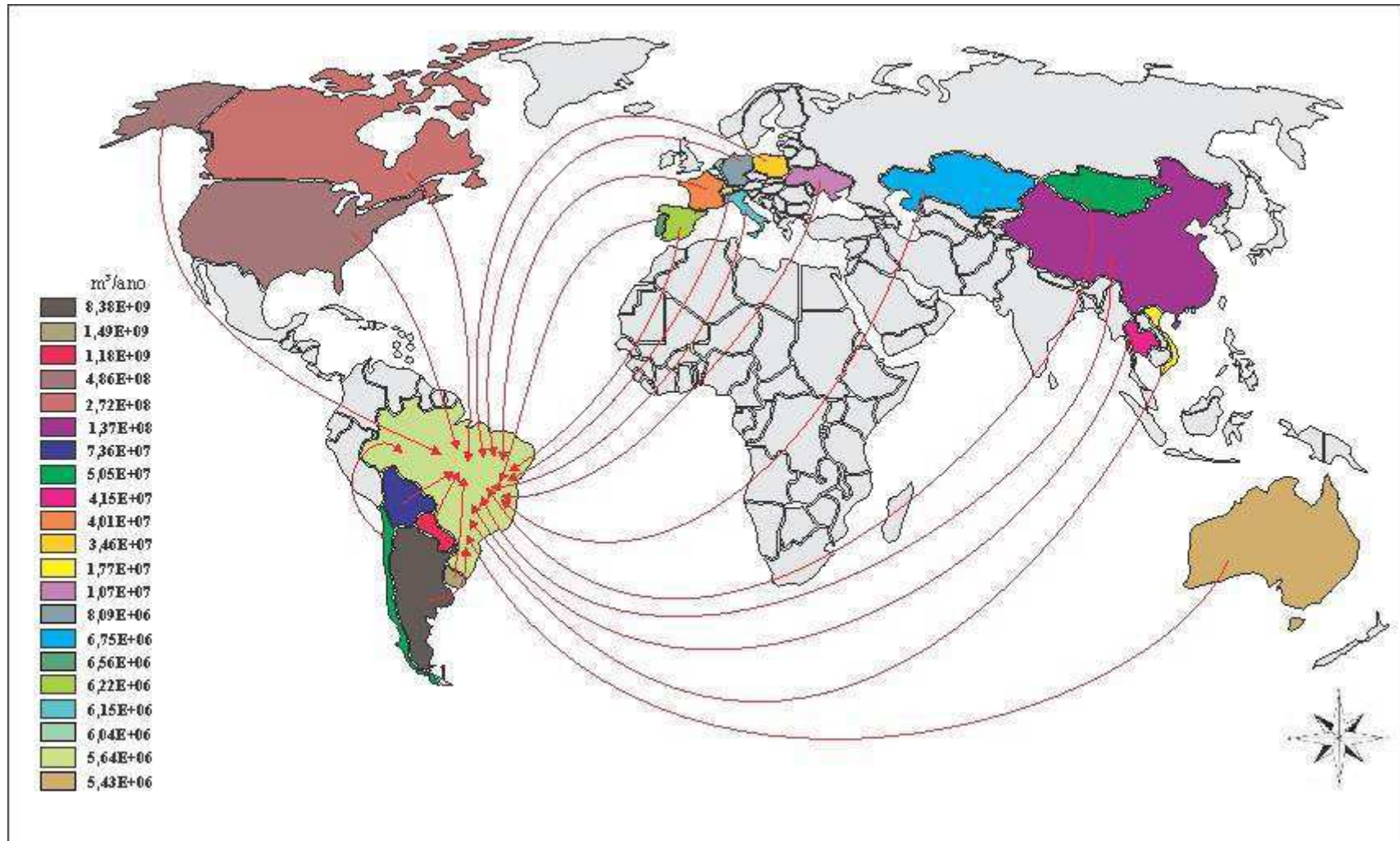


Figura 31. Fluxo de água virtual (m^3/ano) dos principais países para o Brasil das *commodities* analisadas neste estudo

Analisando o total de água virtual que entra no país através das *commodities* analisadas neste estudo, verifica-se que a agricultura tem a maior contribuição na exportação de água virtual para o Brasil, com 11,48 Gm³/ano. Apenas a importação dos três tipos de carnes: bovina, suína e frango totalizam 633,25 Mm³/ano e os produtos industrializados responde por 172,88 Mm³/ano de água virtual exportada para o Brasil.

O conceito de água virtual consegue estabelecer uma relação entre água, alimentos e comércio internacional. Nesse sentido, Hoekstra & Hung (2002) afirmam que o comércio global movimenta um volume anual de água virtual na ordem de 1000 km³ a 1340 km³. Portanto, independente do valor, é inquestionável que existe no mercado internacional de *commodities* um fluxo de água virtual entre os países. Este fluxo é pertinente quando se discute as adversidades da escassez e da estabilidade alimentar, pois, segundo Seixas (2011), o fluxo existente pode reduzir a necessidade de água para a produção nacional de alimentos ao importar os mesmos de países com abundância de água. Dessa forma, calculou-se neste estudo os três novos índices propostos por Allan (2003): autossuficiência de água, dependência de água e escassez de água para as *commodities* selecionadas neste estudo.

A Tabela 29 apresenta o índice de autossuficiência das *commodities* analisadas neste estudo para cada estado do Brasil. Esse índice revela a capacidade de um país assegurar toda a água necessária para os diversos fins. Assim, é possível perceber que das 27 *commodities* estudadas, cinco delas não foram possíveis efetuar os cálculos dos índices, visto que não estão disponíveis os dados de produção dos estados, tais como óleo de girassol, queijo, manteiga, açúcar e hortícolas. Dessa forma, o Brasil não é autossuficiente nas 27 *commodities*, ou seja, para os produtos analisados o país possui dependência da importação de água virtual em 15 produtos. Contudo, do ponto de vista dos grupos de produtos: agrícola, industrial e pecuário o Brasil é considerado autossuficiente. Na análise individual os produtos com índice de autossuficiência de 100% são os seguintes: café, carne suína, carne de frango, banana, laranja, tomate, mandioca, leite, ovos, óleo de girassol refinado, açúcar e hortícolas.

A Tabela 30 exhibe o índice de dependência das *commodities* analisadas neste estudo para cada estado brasileiro. Esse índice indica se o país depende ou não das importações da água virtual. Assim, o Brasil possui dependência apenas de quatro *commodities*: trigo, cevada, pêra e alho, onde já foi verificado nas Figuras 4, 10, 18 e 23, por serem culturas que necessitam de temperaturas do ar relativamente baixas. Nesse aspecto, Santi et al. (2010) afirmam que temperaturas elevadas encurtam o ciclo do trigo além de favorecer aumento no metabolismo respiratório, o que resulta em redução na produção de grãos.

Tabela 29. Índice de autossuficiência das commodities analisadas neste estudo por estado e Brasil

Estados	Índice de autossuficiência (%)																					
	Commodities																					
	Milho	Trigo	Café	Arroz	Feijão	Centeio	Cevada	Carne Bovina	Carne Suína	Carne frango	Banana	Laranja	Maçã	Uva	Pêra	Tomate	Cebola	Batata	Mandioca	Alho	Leite	Ovos
Acre	100	0	100	100	100	0	100	100	100	0	100	100	0	0	100	99	0	100	0	0	0	100
Alagoas	94	0	82	100	100	0	100	100	0	0	100	100	0	0	100	100	100	100	0	50	0	100
Amapá	100	0	0	100	95	0	100	100	100	0	100	100	86	100	100	100	100	0	0	50	0	100
Amazonas	100	0	100	100	99	0	0	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	0	0	0	0	100
Bahia	100	0	100	90	100	0	0	100	100	100	100	100	14	99	0	100	100	100	100	95	100	100
Ceará	90	0	100	89	99	0	0	100	100	100	100	100	14	84	0	100	25	42	100	43	100	100
Distrito Federal	100	58	100	67	100	0	0	69	100	100	100	100	0	36	0	100	88	100	100	44	100	100
Espírito Santo	97	0	100	73	96	0	0	100	100	100	100	100	0	35	0	100	97	99	100	47	100	100
Goiás	100	63	100	99	99	0	0	100	100	100	100	100	0	75	0	100	86	100	100	83	100	100
Maranhão	100	0	100	96	100	0	0	100	100	0	100	100	0	100	0	100	0	0	100	0	100	100
Mato Grosso	100	69	100	100	99	0	0	100	100	100	100	100	0	100	0	100	0	0	100	0	100	100
Mato G. do Sul	100	74	100	99	86	0	100	100	100	100	100	100	0	74	20	100	43	45	100	7	100	100
Minas Gerais	100	23	100	79	100	0	0	100	100	100	100	100	48	92	49	100	99	100	100	90	100	100
Pará	100	0	100	100	99	0	0	100	100	100	100	100	50	80	25	100	20	50	100	0	100	100
Paraíba	75	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	0	99	0	100	100	100	100	57	100	100
Paraná	97	83	100	78	93	100	76	100	100	100	100	100	86	95	27	100	82	100	100	35	77	100
Pernambuco	72	0	100	30	99	0	0	100	100	100	100	98	0	99	0	100	100	100	100	1	100	100
Piauí	100	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	0	95	0	100	97	0	100	87	100	100
Rio de Janeiro	97	0	100	54	30	0	0	100	94	100	100	100	0	1	2	100	0	91	100	0	100	100
R. G. do Norte	75	0	100	100	100	0	0	100	100	50	100	100	0	74	0	100	100	0	100	50	100	100
R. G. do Sul	98	73	100	95	93	99	79	100	100	100	100	100	98	100	62	100	58	98	100	93	99	100
Rondônia	100	0	100	100	99	0	0	100	0	100	100	100	0	80	0	100	0	33	100	0	100	100
Roraima	100	0	0	100	100	0	0	100	0	100	100	100	0	0	0	96	50	0	100	0	100	100
Santa Catarina	94	38	75	99	92	100	52	100	100	100	100	100	100	93	36	100	94	99	100	72	100	100
São Paulo	99	9	100	29	91	0	6	100	100	100	100	100	21	92	15	100	93	100	100	4	99	100
Sergipe	100	0	100	100	100	0	0	83	100	100	100	100	0	3	0	100	60	99	100	0	100	100
Tocantins	100	0	100	99	88	0	0	100	26	100	100	100	0	52	0	100	0	0	100	0	100	100
Brasil	98	41	100	93	96	99	58	99	100	100	100	100	84	97	27	100	87	99	100	45	100	100

*ND: Não definido

Tabela 30. Índice de dependência das commodities analisadas neste estudo por estado e Brasil

Estados	Índice de dependência (%)																					
	Commodities							Commodities														
	Milho	Trigo	Café	Arroz	Feijão	Centeio	Cevada	Carne Bovina	Carne Suína	Carne frango	Banana	Laranja	Maçã	Uva	Pêra	Tomate	Cebola	Batata	Mandioca	Alho	Leite	Ovos
Acre	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	100	0	1	100	0	100	100	100	0
Alagoas	6	100	18	0	0	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	0	0	0	100	50	100	0
Amapá	0	100	100	0	5	100	0	0	0	100	0	0	14	0	0	0	0	100	100	50	100	0
Amazonas	0	100	0	0	1	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	0	100	100	100	100	100	0
Bahia	0	100	0	10	0	100	100	0	0	0	0	0	86	1	100	0	0	0	0	5	0	0
Ceará	10	100	0	11	1	100	100	0	0	0	0	0	86	16	100	0	75	58	0	57	0	0
Distrito Federal	0	42	0	33	0	100	100	31	0	0	0	0	100	64	100	0	12	0	0	56	0	0
Espírito Santo	3	100	0	27	4	100	100	0	0	0	0	0	100	65	100	0	3	1	0	53	0	0
Goiás	0	37	0	1	1	100	100	0	0	0	0	0	100	25	100	0	14	0	0	17	0	0
Maranhão	0	100	0	4	0	100	100	0	0	100	0	0	100	0	100	0	100	100	0	100	0	0
Mato Grosso	0	31	0	0	1	100	100	0	0	0	0	0	100	0	100	0	100	100	0	100	0	0
Mato G. do Sul	0	26	0	1	14	100	0	0	0	0	0	0	100	26	80	0	57	55	0	93	0	0
Minas Gerais	0	77	0	21	0	100	100	0	0	0	0	0	52	8	51	0	1	0	0	10	0	0
Pará	0	100	0	0	1	100	100	0	0	0	0	0	50	20	75	0	80	50	0	100	0	0
Paraíba	25	100	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	100	1	100	0	0	0	0	43	0	0
Paraná	3	17	0	22	7	0	24	0	0	0	0	0	14	5	73	0	18	0	0	65	23	0
Pernambuco	28	100	0	70	1	100	100	0	0	0	0	2	100	1	100	0	0	0	0	99	0	0
Piauí	0	100	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	100	5	100	0	3	100	0	13	0	0
Rio de Janeiro	3	100	0	46	70	100	100	0	6	0	0	0	100	99	98	0	100	9	0	100	0	0
R. G. do Norte	25	100	0	0	0	100	100	0	0	50	0	0	100	26	100	0	0	100	0	50	0	0
R. G. do Sul	2	27	0	5	7	1	21	0	0	0	0	0	2	0	38	0	42	2	0	7	1	0
Rondônia	0	100	0	0	1	100	100	0	100	0	0	0	100	20	100	0	100	67	0	100	0	0
Roraima	0	100	100	0	0	100	100	0	100	0	0	0	100	100	100	4	50	100	0	100	0	0
Santa Catarina	6	62	25	1	8	0	48	0	0	0	0	0	0	7	64	0	6	1	0	28	0	0
São Paulo	1	91	0	71	9	100	94	0	0	0	0	0	79	8	85	0	7	0	0	96	1	0
Sergipe	0	100	0	0	0	100	100	17	0	0	0	0	100	97	100	0	40	1	0	100	0	0
Tocantins	0	100	0	1	12	100	100	0	100	0	0	0	100	48	100	0	100	100	0	100	0	0
Brasil	2	59	0	7	4	1	42	1	0	0	0	0	16	3	73	0	13	1	0	55	0	0

*ND: Não definido

A Tabela 31 apresenta o índice de escassez de água e os índices de dependência e autossuficiência de água de *commodities* analisadas neste estudo para cada estado brasileiro. O Norte do país é a região com mais disponibilidade de água exibindo um bom índice de autossuficiência acima de 60%, a região apresenta o melhor índice de escassez do país, com seus estados variando entre 0 e 1. Esses índices estão associados a grande abundância em água e a baixa densidade populacional da região.

Tabela 31. Índice de escassez, dependência e autossuficiência de água para cada estado do Brasil

Estado	Índices (%)		
	Escassez	Dependência	Autossuficiência
Região Norte			
Acre	0	32	68
Amapá	0	11	89
Amazonas	0	39	55
Pará	1	27	73
Rondônia	1	31	69
Roraima	0	33	67
Tocantins	1	35	67
Região Nordeste			
Alagoas	94	22	78
Bahia	56	19	81
Ceará	71	26	74
Paraíba	116	18	82
Pernambuco	127	25	75
Piauí	18	12	88
Maranhão	10	19	81
Rio Grande do Norte	98	24	76
Sergipe	100	28	72
Região Centro-Oeste			
Distrito Federal	104	22	78
Goiás	3	19	81
Mato Grosso	1	27	73
Mato Grosso do Sul	4	22	78
Região Sudeste			
Espírito Santo	24	23	77
Minas Gerais	14	11	89
Rio de Janeiro	74	37	63
São Paulo	73	26	74
Região Sul			
Paraná	13	12	88
Rio Grande do Sul	8	7	93
Santa Catarina	13	12	88
Brasil	5	13	87

A região Nordeste do Brasil passa periodicamente por longos períodos de seca, além do seu regime pluviométrico ser bastante variável no tempo e no espaço (Silva, 2004). Portanto,

essa região apresenta índice de escassez muito alto, pois a utilização da água total está muito próxima da água disponível, principalmente nos Estados da Paraíba e Pernambuco que esse índice ultrapassa 100%. O índice de dependência de água desses estados varia entre 12 e 28%. Os Estados do Piauí e Maranhão apresentaram um baixo índice de escassez. Segundo a ANA (2010), 90% do Estado do Piauí está situado na Região Hidrográfica do Parnaíba, cujo potencial hidrogeológico é muito grande. O estado possui alta disponibilidade de águas subterrâneas e grande parte dos municípios de pequeno porte, são abastecidas por sistemas com captação exclusivamente em poços, predominando os sistemas isolados presentes em 92% das sedes urbanas.

O baixo índice de escassez do Maranhão é devido esse estado está situado na zona de transição dos climas semiáridos do Nordeste para os úmidos equatoriais da Amazônia (ANA, 2010). Seu território está inserido em grande parte na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental e sua porção sudeste/sul está localizada na Região Hidrográfica Tocantins/Araguaia. Em relação aos demais estados da Região Nordeste, as bacias hidrográficas do Maranhão apresentam uma boa oferta hídrica. Neste Estado, as águas subterrâneas também são abundantes, sendo o sistema aquífero Itapecuru o mais explorado e de maior potencialidade hídrica. A disponibilidade hídrica dos aquíferos se reflete nos mananciais utilizados no estado, onde 74% das sedes municipais são abastecidas exclusivamente por mananciais subterrâneos (poços). Já as águas superficiais abastecem 21% dos municípios. Restando 5% que são abastecidos tanto por mananciais superficiais como por subterrâneos (ANA, 2010).

Na região Sudeste, os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo apresentaram um alto índice de escassez, entre 74 e 73%, respectivamente. O índice de escassez do Rio de Janeiro é explicado pela quantidade da população, considerado o terceiro estado mais populoso do Brasil com 15.989.929 habitantes (IBGE, 2015) e por está totalmente inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, apresentando boa disponibilidade hídrica superficial e baixa presença de sistemas aquíferos significativos (ANA, 2010). Já o Estado de São Paulo é o estado mais populoso e o de maior dinamismo econômico do país, com 41.262.199 habitantes (IBGE, 2015). Esses estados estão inseridos em duas das grandes Regiões Hidrográficas brasileiras: Paraná e Atlântico Sudeste. As disponibilidades hídricas são menores na região noroeste do estado e maiores nas regiões litorâneas. Apesar da elevada oferta de água superficial, muitos mananciais são afetados por sérios problemas de qualidade das águas, dados os usos intensivos, sobretudo urbanos, que se fazem presente em suas bacias de contribuição (ANA, 2010).

Todos os estados da Região Sul apresentam um baixo índice de escassez e apresentam bons resultados em relação aos índices de dependência e autossuficiência de água. A região apresenta uma média do índice de autossuficiência de 89,6% e dependência de 10,4%, destacando-se o Rio Grande do Sul que apresenta o menor índice. Os estados da região Centro-Oeste apresentam boa oferta hídrica, exceto o Distrito Federal que apresentou um índice de escassez de 104%, o que é justificado, de acordo com a ANA (2010), por estar localizado nas cabeceiras de três Regiões Hidrográficas do País: Tocantins-Araguaia, Paraná e São Francisco. Em função da proximidade das nascentes, os mananciais possuem baixa disponibilidade hídrica para atender ao continente populacional.

O índice de escassez do Brasil é igual a 5%, isso indica que o país possui água em abundância, possui uma disponibilidade hídrica entre 10.000 – 100.000 (m³/hab/ano) e o nível de uso está entre 100 – 500 (m³/hab/ano) (Rebouças, 2001). Nesse contexto, Vorosmarty et al. (2005) afirmam que o uso individual da água é a base para o índice de estresse hídrico de Falkenmark e, portanto, fornece uma maneira de distinguir entre o clima e a escassez de água induzida pelo homem. Esse índice é usado tipicamente nas avaliações à escala do país, onde os dados são facilmente disponíveis e fornece resultados que são intuitivos e fáceis de entender. No entanto, a utilização de médias anuais nacionais tende a obscurecer informações importantes da escassez em escalas menores. Por outro lado, estudos realizados por Smakhtin, et al. (2005) estabelece um Indicador de Estresse Hídrico (WSI) desenvolvido para reconhecer as necessidades de água ambientais como um parâmetro importante da água doce disponível. Esses autores afirmam que o Brasil possui um WSI menor que 0,3, ou seja, menor que 30%, dado que corrobora com este estudo, quando o índice de escassez calculado para o Brasil foi igual a 5%. Resultado semelhante foi encontrado por Chapagain & Hoekstra (2004) no estudo sobre a Pegada hídrica das nações, onde o índice de escassez calculado para o Brasil foi igual a 3%, fato que deixa o país numa situação confortável em relação a vários outros países como por exemplo, Arábia Saudita (1079%), Israel (514%), Kuwait (10895%), Líbia (1793%), Romênia (1176%) e Tunísia (333%). No mesmo estudo, percebe-se que todos os países da América do Sul possuem os índices de escassez entre 0 e 6%, encontram-se nos extremos Suriname e Argentina.

Os índices de dependência e autossuficiência nacional calculados neste estudo foram de 13 e 87%, respectivamente, os quais concordam com os calculados por Chapagain & Hoekstra (2004) que encontraram os valores de 8 e 92% para o Brasil, o que torna os valores calculados neste estudo coerentes com os dos autores, visto que as mudanças climáticas influenciaram nos parâmetros dos índices após uma década. De acordo com Hoekstra & Mekonnen (2011), como

citado anteriormente, o Brasil é o quarto maior exportador de água virtual do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. No entanto, os valores de dependência e autossuficiência calculados pelos mesmos autores para estes países não diferem muito do Brasil. Para o índice de dependência de água encontrado para os EUA foi de 19%, China respondeu por 7% e a Índia apresentou o menor valor apenas 2%, conseqüentemente, o índice de autossuficiência de água para os EUA foi de 81%, a China apresentou 93% e a Índia mais uma vez responde pelo maior índice com 98%. Apesar da Índia apresentar bons resultados em relação aos índices de dependência e autossuficiência de água o índice de escassez do país é considerado alto de 52%, o que indica que a utilização da água total do país está muito próxima da água disponível (Chapagain & Hoekstra, 2004).

Do ponto de vista dos recursos hídricos poderia se esperar uma relação diretamente proporcional entre escassez de água e dependência das importações de água, especialmente nos países com alto índice de escassez de água. Vários países têm um alto índice de escassez de água, mas baixa dependência das importações de água, pois existem diferentes fatores explicativos. Iêmen, conhecido por suas águas subterrâneas possui recursos limitado, por exemplo, tem uma baixa dependência das importações de água pela simples razão de que eles não têm a moeda estrangeira para importar mercadorias com intensivo uso de água, a fim de salvar os recursos hídricos nacionais. Egito, por outro lado, combina a alta escassez de água e a baixa dependência das importações de água, com o objetivo de consumir a água do Nilo para alcançar autossuficiência alimentar (Chapagain & Hoekstra, 2008).

A Tabela 32 exibe o balanço de água virtual das *commodities* estudadas agrupados em nos setores agrícola, pecuário e industrial. A exportação líquida de água virtual de um país pode ser positiva ou negativa. O sinal positivo indica que há exportação líquida de água virtual do país. Observa-se que no Brasil não há exportação líquida no grupo agrícola das *commodities*: trigo, arroz, feijão, cevada, batata inglesa, mandioca, alho, cebola, maçã, uva e pêra; já para o grupo industrial só existe exportação líquida da *commodity* açúcar num volume de 14,402 Gm³/ano de água virtual e para o setor pecuário todas as *commodities* analisadas neste estudo apresentam grandes volumes de exportação líquida de água virtual, com destaque para a carne bovina que responde por 11,117 Gm³/ano.

No estudo sobre o componente global da demanda de água doce e de alimentação: uma avaliação fluxo da água virtual entre as nações, como resultado do comércio de produtos agrícolas e industriais, Chapagain & Hoekstra (2008) verificaram que a importação líquida de água virtual para o Brasil no grupo agrícola foi de 36,246 Gm³/ano; o grupo pecuário responde por 10,003 Gm³/ano e o industrial por 1,483 Gm³/ano. O cálculo efetuado neste estudo para a

exportação líquida de água virtual para o grupo agrícola resultou em um volume de 16,593 Gm³/ao; já para o grupo industrial o volume foi de 14,261 Gm³/ano e para o grupo pecuário o valor foi de 23,957 Gm³/ano.

Tabela 32. Balanço da exportação líquida de água virtual dos grupos de *commodities*

Commodities	Água virtual exportada $\times 10^6 m^3 / ano$	Água virtual importada $\times 10^6 m^3 / ano$	Exportação líquida de água virtual $\times 10^6 m^3 / ano$
Agrícola			
Milho	6462,33	762,68	5699,65
Trigo	847,44	7678,16	-6830,71
Café	19518,79	4,93	19513,86
Arroz	966,64	1864,94	-898,30
Feijão	48,57	591,52	-542,95
Centeio	0,06	0,02	0,04
Cevada	9,74	289,88	-280,14
Batata Inglesa	0,42	4,47	-4,05
Mandioca	0,13	3,94	-3,81
Alho	0,23	61,82	-61,59
Hortícolas	3,05	0,01	3,05
Cebola	1,15	40,06	-38,91
Tomate	0,61	0,04	0,57
Laranja	20,57	1,39	19,18
Maçã	22,22	74,08	-51,86
Uva	13,77	22,77	-9,00
Banana	166,15	0,01	166,14
Pera	0,01	87,29	-87,27
Total	28081,89	11488,00	16593,89
Industrial			
Óleo de girassol	1,08	37,98	-36,90
Queijo	20,98	73,49	-52,51
Açúcar	14402,50	0,01	14402,49
Manteiga	9,54	23,52	-13,98
Leite	0,20	37,88	-37,68
Total	14434,29	172,88	14261,41
Pecuário			
Carne de frango	10364,36	2,93	10361,43
Carne bovina	11745,42	628,04	11117,39
Carne suína	2458,76	2,28	2456,47
Ovos	23,06	0,59	22,47
Total	24591,60	633,84	23957,75

A Tabela 33 exibe o balanço da exportação líquida de água virtual do grupo de *commodities* dos estados brasileiros. Observa-se que a região Norte apresenta um valor total negativo de 232,73 Mm³/ano no setor agrícola, o que significa que não existe exportação líquida de água virtual na região para este grupo de *commodities*, o que ocorre é uma importação líquida de água virtual. O estado do Pará é o que mais importa água virtual dos produtos agrícolas com

uma participação de 188,61 Mm³/ano. No setor industrial a região também tem uma importação líquida de água virtual, porém menos expressivo. Já para o grupo pecuário a região apresenta valores positivos, o que indica que há uma exportação líquida de água virtual exibindo um volume de 828,71 Mm³/ano. O Estado de Rondônia é o maior responsável pela exportação, com um volume de 517,08 Mm³/ano.

A região Nordeste é a que apresenta o maior valor de importação líquida de água virtual para o grupo agrícola 2,38 Gm³/ano. Os Estados do Ceará e Pernambuco são os que mais importam produtos agrícolas, apresentado um volume de 958,24 e 786,87 Mm³/ano, respectivamente. Em contrapartida, no setor de *commodities* industriais a região apresenta valor positivo, apontando que existe exportação líquida de água virtual, com um volume de 2,236 Gm³/ano. Os Estados de Alagoas e Pernambuco são as maiores expressões na exportação de *commodities* industriais, com participações de 1,667 Gm³/ano e 519,33 Mm³/ano cada um. Já para o grupo pecuário a região apresenta um volume total negativo, indicando que há importação líquida de água virtual.

Na região Sudeste os três setores de *commodities*: agrícola, industrial e pecuário apresentam um volume total positivo, caracterizando-a como uma região exportadora de água virtual líquida com volumes de 13,613 Gm³/ano; 12,492 Gm³/ano e 7,578 Gm³/ano, respectivamente. O Sul do país também se constitui com uma região exportadora para os três grupos de *commodities*, apresentando para o grupo agrícola um volume total de 2,547 Gm³/ano; o setor industrial apresenta 1,734 Gm³/ano e o maior volume apresentado é o do setor pecuário com 7,158 Gm³/ano.

A região Centro-Oeste, de acordo com os dados apresentados na Tabela 33, também caracterizada como exportadora, principalmente dos produtos agrícolas e pecuários apresentando um volume de 3,379 e 5,688 Gm³/ano cada um. Os Estados do Mato Grosso e Goiás, em relação aos dois grupos citados, têm participações de 54,25 e 28,55%, respectivamente, do total da região.

Tabela 33. Balanço da exportação líquida de água virtual dos grupos de commodities entre os Estados

Estados	Água virtual exportada (Mm ³ /ano)			Água virtual importada (Mm ³ /ano)			Exportação líquida de água virtual (Mm ³ /ano)		
	Agrícola	Industrial	Pecuário	Agrícola	Industrial	Pecuário	Agrícola	Industrial	Pecuário
Rondônia	67,89	0,01	517,08	8,74	0,10	0,01	59,14	-0,09	517,08
Acre	0,69	0,00	0,14	0,03	0,00	0,00	0,67	0,00	0,14
Amazonas	0,02	0,00	0,00	77,58	0,16	0,00	-77,56	-0,16	0,00
Roraima	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	-0,05	0,00	0,01
Para	2,74	0,00	150,51	191,34	0,58	0,00	-188,61	-0,58	150,51
Amapá	0,02	0,00	0,05	0,10	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,05
Tocantins	0,00	0,00	160,95	26,25	0,06	0,03	-26,25	-0,06	160,92
Maranhão	11,72	0,23	4,56	162,67	0,01	0,00	-150,95	0,22	4,56
Piauí	0,85	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,69	0,00	0,00
Ceara	10,67	0,00	1,26	968,92	1,22	6,09	-958,24	-1,22	-4,84
Rio G. do Norte	48,20	6,01	0,00	110,45	0,01	0,27	-62,26	6,00	-0,27
Paraíba	0,17	42,54	0,03	88,97	0,00	0,00	-88,80	42,54	0,03
Pernambuco	8,01	524,22	3,04	794,88	4,88	27,17	-786,87	519,33	-24,13
Alagoas	0,00	1667,30	0,00	111,31	0,06	0,37	-111,31	1667,24	-0,37
Sergipe	0,14	3,26	0,00	140,98	0,08	0,01	-140,84	3,17	-0,01
Bahia	477,01	0,00	8,31	559,04	0,74	0,39	-82,03	-0,74	7,92
Minas Gerais	13274,40	1126,21	1175,85	447,09	5,67	1,02	12827,31	1120,55	1174,83
Espírito Santo	2772,48	13,86	78,97	236,27	15,95	0,11	2536,20	-2,09	78,86
Rio de Janeiro	10,55	11,55	3,65	1043,08	4,24	12,11	-1032,53	7,30	-8,46
São Paulo	2184,86	11450,73	6469,44	2902,29	84,39	136,32	-717,43	11366,33	6333,12
Paraná	4380,73	1771,28	3211,44	1242,37	6,87	83,71	3138,36	1764,42	3127,73
Santa Catarina	180,60	2,03	779,29	740,47	10,98	88,31	-559,88	-8,95	690,97
Rio G. do Sul	1424,24	7,71	3467,98	1455,43	28,35	128,00	-31,18	-20,64	3339,97
Mato G. do Sul	363,10	379,76	1324,16	66,80	3,78	144,03	296,29	375,98	1180,13
Mato Grosso	2654,71	11,44	2268,50	3,95	0,38	0,13	2650,76	11,07	2268,37
Goiás	516,25	212,01	2134,00	60,54	0,97	0,99	455,70	211,05	2133,01
Distrito Federal	1,39	0,00	106,56	24,47	0,90	0,06	-23,08	-0,90	106,50

Mesmo o Brasil sendo considerado um país rico em disponibilidade hídrica, observa-se que o país obtém um péssimo desempenho no que diz respeito à utilização da água, pois das 27 *commodities* em estudo, apenas 8 necessitam de pouca quantidade de água para serem produzidas, de acordo com os dados da *waterfootprint.org* (Hoekstra & Chapagain, 2004). Estes dados estão disponíveis no Anexo I. De modo conclusivo, na Tabela 34 é exibida uma panorâmica, com base nos dados do Anexo I, da exportação, importação e consumo nacional das 27 *commodities*, associados à pegada hídrica de cada produto.

Tabela 34. Dados da pegada hídrica, exportação, importação e consumo nacional das *commodities* analisadas neste estudo

Ranking	Pegada hídrica	Exportação	Importação	Consumo
1	Carne bovina	Milho	Milho	Laranja
2	Milho	Açúcar	Trigo	Milho
3	Arroz	Carne aves	Arroz	Leite
4	Açúcar	Café	Cevada	Mandioca
5	Café	Carne bovina	Cebola	Açúcar
6	Leite	Carne suína	Feijão	Arroz
7	Carne aves	Arroz	Pera	Trigo
8	Laranja	Trigo	Maçã	Carne aves
9	Óleo de Girassol	Banana	Carne bovina	Banana
10	Mandioca	Maçã	Leite	Carne bovina
11	Feijão	Laranja	Uva	Tomate
12	Trigo	Uva	Batata Inglesa	Batata Inglesa
13	Carne suína	Ovos	Queijo	Feijão
14	Banana	Feijão	Mandioca	Óleo de Girassol
15	Queijo	Tomate	Óleo de Girassol	Carne suína
16	Batata Inglesa	Cevada	Manteiga	Cebola
17	Uva	Hortícolas	Laranja	Café
18	Cevada	Cebola	Carne aves	Uva
19	Maçã	Queijo	Carne suína	Maçã
20	Tomate	Batata Inglesa	Café	Queijo
21	Manteiga	Manteiga	Ovos	Cevada
22	Cebola	Mandioca	Tomate	Pera
23	Pera	Óleo de Girassol	Alho	Hortícolas
24	Alho	Leite	Hortícolas	Alho
25	Hortícolas	Centeio	Centeio	Manteiga
26	Centeio	Pera	Banana	Centeio
27	Ovos	Alho	Açúcar	Ovos

Observa-se que a *commodity* milho possui a segunda maior pegada hídrica e é o líder da exportação e importação para o período em estudo, sendo também o segundo maior produto consumido no país. O fluxo de água virtual do milho apresenta um déficit para o Brasil de, aproximadamente, 5,7 Gm³/ton. A carne bovina é o produto que apresenta a maior pegada hídrica, justificada pelo alto valor da necessidade de água que o produto contém 16.961 m³/ano calculado para o Brasil (Chapagain & Hoekstra, 2004). O segundo produto mais exportado do Brasil é o açúcar, responsável por enviar para outros países 14,4 Gm³/ano de água virtual e a laranja é a *commodity* mais consumida no Brasil.

Tendo este estudo um dos objetivos a análise da pegada hídrica do consumo nacional, na Tabela 35 é possível verificar os valores totais da pegada hídrica interna e externa do consumo nacional, a pegada hídrica total do consumo nacional, a água virtual exportada e a pegada hídrica dentro da nação.

Tabela 35. Valores totais dos cinco parâmetros em estudo

	Pegada hídrica interna do consumo nacional (m ³ /ano)	Pegada hídrica externa do consumo nacional (m ³ /ano)	Pegada hídrica total do consumo nacional (m ³ /ano)	Água virtual exportada por produtos de origem nacional (m ³ /ano)	Pegada hídrica dentro da área da nação (m ³ /ano)
Total (m ³ /ano)	3,16E+11	1,22E+10	3,28E+11	6,71E+10	3,83E+11
Total (m ³ /hab/ano)	1559	60	1619	331	1890

Nesta análise, a pegada hídrica do brasileiro foi de 1619 (m³/hab/ano), cujo valor é mais alto do que aquele apresentado por Hoekstra, (2011) que é de 1381 (m³/hab/ano) e da média da pegada hídrica do indivíduo calculado por Chapagain e Hoekstra, (2004) que é de 1240 (m³/hab/ano). Maracajá et al. (2012) efetuaram o cálculo da pegada hídrica para o brasileiro vegetariano e não vegetariano com renda familiar entre 1 a 5 salários mínimos, encontrando os valores de 1632,8 (m³/hab/ano) e 2855 (m³/hab/ano), respectivamente. Percebe-se também que a pegada hídrica dentro da nação é superior à pegada hídrica do consumo nacional, as duas pegadas utilizam em seu cálculo a pegada hídrica interna. Dessa forma, a água virtual exportada é maior que a pegada hídrica externa. Conclui-se então que o Brasil exporta mais água do que importa, caracterizando-o como um país exportador de água virtual, como já havia sido verificado com os resultados das Figuras 30 e 31. Outro ponto importante revelado nessa análise é que a pegada hídrica externa equivale a 4% da pegada hídrica do consumo nacional, enquanto que a pegada hídrica interna corresponde a 96%; isso significa que de forma geral o Brasil é totalmente independente dos recursos hídricos externos. A pegada hídrica dentro do território brasileiro calculado nesse estudo foi de 383 Gm³/ano. Nesse contexto, de acordo com Hoekstra e Mekonnen (2012), a China, a Índia e os EUA são os países com as maiores pegadas hídricas totais dentro de seus territórios com 1207, 1182 e 1053 Gm³/ano, respectivamente. O próximo país no ranking é o Brasil, com uma pegada total de água no seu território de 482 Gm³/ano, ou seja, mais elevada do que aquela encontrada neste estudo.

No grupo de produtos agrícolas, o milho apresenta-se com a maior pegada hídrica, 11% que corresponde a 180 (m³/hab/ano), seguido do arroz (8%) que responde por 133 (m³/hab/ton). Na produção industrial o açúcar é o principal responsável na pegada hídrica total do consumo nacional e ocupa a quarta posição no ranking das *commodities* selecionadas neste estudo, com 137 (m³/hab/ano). Mekonnen & Hoekstra (2011), no estudo da Pegada Hídrica das Nações, verificaram que a pegada hídrica mundial relacionada com a produção agrícola e industrial e de abastecimento de água doméstica para o período 1996-2005 foi de 9087 Gm³/ano (74% verde, azul 11%, 15% de cinza). A produção agrícola leva a maior fatia, pois responde por 92% da pegada hídrica global, enquanto a produção industrial contribui com 4,4% para a pegada total de água e o abastecimento doméstico de água com 3,6%.

5. CONCLUSÕES

O valor médio da pegada hídrica do brasileiro calculada neste estudo foi de 1619 m³/hab/ano, sendo a carne bovina a *commodity* de maior expressão para este resultado, respondendo por 21% do total, enquanto a pegada hídrica dentro da nação foi de 383 Gm³/ano. O índice de escassez de água na região Nordeste do Brasil é muito alto, exceto para nos Estados do Maranhão e Piauí. Os demais estados dessa região chegam a ultrapassar 100% como no caso dos Estados da Paraíba e Pernambuco. Inversamente, a região Norte do País tem índice de escassez praticamente nulo.

Do ponto de vista dos recursos hídricos espera-se uma relação diretamente proporcional entre escassez de água e dependência das importações de água, especialmente nos estados brasileiros com alto índice de escassez de água. No entanto, a região Nordeste apresenta uma média para o índice de escassez de água de 77%, mas também apresenta em média um índice de autossuficiência de 70%, que é considerado um bom índice, o que significa que a região pode tentar através dos seus próprios recursos hídricos ser autossuficiente na questão alimentar.

A região Nordeste é a que possui o maior volume de importação líquida de água virtual para o grupo de *commodities* agrícola com 2,38 Gm³/ano, apresentando uma importação líquida também para o grupo pecuário. Por outro lado, é a segunda região com maior volume de exportação líquida de água virtual para os produtos industriais com 2,24 Gm³/ano, atrás apenas da região Sudeste. Nesse contexto, as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste são caracterizadas como exportadoras. O Sudeste se destaca no grupo de *commodities* agrícolas com um volume total de 13,6 Gm³/ano e também no grupo pecuário; já as regiões Sul e Centro-Oeste ressaltam o grupo de *commodities* pecuários com volumes 7,16 Gm³/ano e 5,69 Gm³/ano, respectivamente.

O Estado da Paraíba não é considerado como um dos maiores produtores de mandioca, mas é o responsável por enviar a maior quantidade de água virtual para outros países, na ordem de 57,3 Km³/ano, correspondente a 44,55% do total.

No balanço da exportação líquida global de água virtual o grupo de *commodities* agrícolas apresenta um volume de 16,593 Gm³/ano, que representa uma participação de 30,3%, o grupo de produtos pecuários possui o maior volume 23,957 Gm³/ano com uma participação de 43,7% e os industriais 26%.

O Brasil não é autossuficiente em todas as *commodities* analisadas neste estudo, entretanto para os setores agrícola, industrial e pecuário apresentou saldos positivos indicando independência dos recursos hídricos externos. Outro fato que indica esta independência é o

resultado da pegada hídrica externa que foi de apenas 4% da pegada hídrica total do consumo nacional, enquanto que a pegada hídrica interna corresponde a 96%. Esse resultado aliado ao fato que índice de escassez do país é de 5% evidencia que o Brasil é totalmente independente dos recursos hídricos externos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBA – Associação Brasileira da Batata. Edição 22. Dezembro/2008. Ano 8. Acesso em 10 maio 2015.
- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Estatísticas. Disponível em : <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>. Acesso: 3 junho 2015.
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Os principais destinos da carne suína brasileira. Ano Publicação: 2014. Acesso: 3 junho 2015.
- Aldaya, M. M., & Hoekstra, A. Y. The water needed for Italians to eat pasta and pizza. *Agricultural Systems*, 103, 351–360. 2010.
- Allan, T. Virtual water: the water, food and trade nexus, useful concept or misleading metaphor. In *IWRA – Water International*, v.28, n.1. 2003.
- _____. “Water in international systems: A risk society analysis of regional problemsheds & global hydrologies”. In: SOAS Water Issues Group. Occasional paper number 22. Oxford University. 1999.
- _____. “Virtual water - A long term solution for water short Middle Eastern economies?” *Proceedings of the British Association Festival of Science*. Leeds (UK): University of Leeds, September. 1997.
- Allan, J. A. Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits. *Ground Water*, v.36, p.545-546. 1998.
- Allen, R. G.; Pereira; L. S.; Raes, D. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998. 300p.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013 / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2013. 432 p.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil) - Atlas Brasil : abastecimento urbano de água : resultados por estado /Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília : ANA : Engecorps/Cobrape. 2010. 92p.
- Arruda, L. G. C, Valorização das Pegadas ambientais: a pegada ecológica, a pegada de carbono e a pegada d’água como indicadores de consumo na perda de valor do ecossistema modificado pelo homem. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.
- Baier, A. C. Centeio. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. 1994. 29 p.
- Baier, A. C. Centeio. In: Baier, A. C; Floss, E. L.; Aude, M. I. S. As lavouras de inverno 1: aveia, centeio, triticale, colza, alpiste. Rio de Janeiro: Globo, p. 107-130. 1988.

- Barros, F. G. N.; Amin, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional - G&DR - Taubaté, SP, Brasil. v.4, n.1, p.75-108. 2008.
- Beux, F. C.; Ohnuma Júnior, A. A. A pegada hídrica e o consumo de água não tarifado do aglomerado subnormal da rocinha. ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Água: Desenvolvimento Econômico e Socioambiental. Bento Gonçalves – RS. 2013
- Bleninger T.; Kotsuka, L. K. Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. Revista Recursos Hídricos, v.36, n.1, p.15-24. 2015.
- BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Superintendência de Planejamento. Cadeia produtiva da maçã no Brasil: limitações e potencialidades. Carvalho, V.; Ferreira, R. Porto Alegre: BRDE. 2011. 44 p.
- Camargo Filho. W. P. de; Donadelli, A.; Sueyoshi, M. de L. S.; Camargo, A. M. M. P. de. Evolução da Produção de Tomate no Brasil. Agricultura em São Paulo, SP, v.41, n.1, p.41-69. 1994.
- Cardoso, H. E. A.; Mantovani, E. C.; Costa, L. C. As águas da agricultura. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro. p.27-28. 1998.
- Carmo, R. L.; Ojima, A. L. R.; Ojima. R.; Nascimento. T. T.; Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. Ambiente & Sociedade. Campinas-SP. v.X, n.1, p. 83-96. 2007.
- Carvalho, J. L. de; Pagliuca, L. G. Tomate, um mercado que não pára de crescer globalmente. HORTIFRUTI BRASIL. 2007.
- Chapagain, A.; Orr, S. Uma Metodologia da pegada de água melhorada ligando o consumo mundial de recursos hídricos locais. Um caso de tomates espanhóis, Jornal de Gestão Ambiental, v.90, p.1219-1228. 2009.
- Chapagain, A.K.; Hoekstra A.Y. and Savenije, H. H. G. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology and Earth System Sciences, v.10, n.3, p.455–468. 2006.
- Chapagain, A.K.; Hoekstra, A.Y. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products, Water International. v.33, n.1, p.19-32. 2008.
- Chapagain A.K.; Hoekstra, A.Y. Water footprints of nations Volume 2: Appendices Value of Water Research Report Series No. 16. 2004. 240p

- CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. Mariano Cesar Marques. Panorama Internacional – Alho Disponível em:< <http://www.conab.gov.br>> Acesso em: maio, 2015
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília : Conab. v.2. 2014.
- CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. Quadro de suprimento - 2009 Disponível em:< <http://www.conab.gov.br>> Acesso em 20 maio, 2015
- Comissão Europeia. Regulamento (CE) Nº 852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 sobre a higiene dos géneros alimentícios. 2004.
- Cortez, H. Os ambientalistas e as hidrelétricas. Revista Cidadania e Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2009/02/07/os-ambientalistas-e-as-hidreletricas-por-henrique-cortez>. 2009. Acesso em: julho 2015
- Costa, C. K. F.; Maia, S. F.; Sampaio, L. M. B. Exportações Brasileiras de Suco de Laranja e Subsídios Americanos: uma análise empírica de estratégias comerciais. Rev. Econ. Sociol. Rural. Brasília, v.50, n.1. 2012.
- DERAL - Departamento de Economia Rural. SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento Suinocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária. 2013.
- De Fraiture, C.; X. M. Cai, U. Amarasinghe, M. Rosegrant, and D. Molden. Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use, Comprehensive Assessment Research Report 4, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 2003.
- De Mori, C.; Minella, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. html (Embrapa Trigo. documentos Online, 139). Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2012. 28 p..
- De Mori, C.; Ignaczak, J. C.; Garagorry, F. L.; Chaib Filho, H. Dinâmica da produção de cevada no Brasil no período de 1975 a 2003. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 37). Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2007. 33 p.
- Dietzenbacher, E.; Velázquez, E. Analysing andalusian virtual water trade in an input-output framework. Regional Studies, v.41, p.185-196. 2007.
- Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção. Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil - Consumo, Mercado e Comercialização do Arroz no Brasil. ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica. 2005. Acesso: 20 maio, 2015
- Embrapa Uva e Vinho. Produção Integrada de Mação no Brasil. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza. Sistema de Produção, 1. ISSN 1678-8761. Versão Eletrônica. Jan/2003. Acesso em: 20 maio 2015.

- Embrapa Arroz e Feijão. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais; Alcido Elenor Wander. Sistema de Produção, nº 5. ISSN 1679-8869. Versão eletrônica. Dez/2005. Acesso em: 20 maio, 2015
- Embrapa Gado de Leite, Circular Técnica, 104. 1ª edição; 1ª impressão, 2010. Acesso em: 20 maio. 2015
- Embrapa Suíno e Aves. A suinocultura no Brasil. Ano publicação: 2010. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=5:origem-dos-suinos&catid=4:suinos-publico&Itemid=19. Acesso em: 3 junho 2015
- Embrapa Trigo. Trigo em números. Socioeconomia, Janeiro 2014. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/economia/2014_01_TRIGO%20em%20numeros.pdf. Acesso em: 10 junho, 2015.
- Ercin, A. E., Aldaya M. M., and Hoekstra A. Y. The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products. Value of Water Res. Rep. Ser. nº. 49. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. 2011.
- Fachinello, J. C.; Nachtigal, J. C. Introdução à fruticultura. In: Fachinello, J. C.; Nachtigal, J. C.; Kersten, E. (Org.). Fruticultura: fundamentos e práticas. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Cap.1. 2009.
- FAO. Food Agriculture Organization: Faostat Database. Agricultural production; agriculture & Food trade. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em 20.06.2015
- FAO. Food and Agriculture Organization. OECD-FAO. Agricultural Outlook 2007-2016. 2007. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/6/10/38893266.pdf>
- Falkenmark, M.; Rockström, J. Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology, Earthscan. Londres, UK. Major Food and Agricultural Commodities and Producers. 2004.
- Faria, D.; Machado, D. Dados estatísticos dos principais produtos do agronegócio brasileiro. Brasília, DF: IICA. 2006. 36 p.
- Fiovaranço, J. C. Mercado mundial de banana: produção, comércio e participação brasileira. Informações Econômicas, São Paulo, v.33 n.10. 2003.
- Garrido, Alberto. A pegada da água. Edição 143. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br>>. 2008. Pesquisa realizada em 04.07.2013.
- Gazzola, R.; Wander, A. E.; Souza, G. da S. e. Comércio Internacional de Arroz. VI Congresso Brasileiro Arroz Irrigado. 2009
- Giacomin & Ohnuma, Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170) v(8), nº 8, p. 1562-1572. 2012.

- Gleick, P. H. The changing water paradigm: a look at twenty-first century water resources development. *Water International*, v. 25, p. 127-138. 2000.
- _____. *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York, USA. 1993.
- Gomes, M. A. F.; A água nossa de cada dia. *Geólogo; D. Sc. em Solos*, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente. *Revista Eco* – 21. Edição 148. 2009.
- Groxko, M. Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/12 mandioca. Disponível: <http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>. 2012. Acesso em 09 maio. 2015
- Hoekstra, A.Y.; Mekonnen, M. M. The water footprint of humanity, *Proceedings of the National Academy of Sciences*; v.109, n. 9, p. 3232–3237. 2012
- Hoekstra, A.; Chapagain, A.; Aldaya, M.; Mekonnen, M. *Water Footprint Manual. Setting the Global Standard*. Water Footprint Network. 2011.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K. The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, v.64, p.143-151. 2007.
- Hoekstra, A.; Chapagain, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water and Resource Management*, v.21, p.35-48. 2005.
- Hoekstra, A. Y.; Hung, P. Q. Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, v. 15, p. 45-56. 2005.
- Hoekstra, A.Y. - *Virtual Water: An Introduction*, In *Virtual Water Proceedings- IHE*. 2003.
- Hoekstra, A. Y.; Hung, P. Q. *Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Value of Water Research Report Series, Netherland: UNESCO/IHE, n. 11, p. 25-47. 2002.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. *Water Footprint Manual: State of the Art*. Water Footprint Network, Ensched, The Netherlands. 2009.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K. *Globalization of water: sharing the Planet's freshwater resources*. 1.ed. Oxford: Blackwell Publishing. 2008. 232p.
- Hoekstra, A. Y. How sustainable is Europe's water footprint? *Water and Wastewater International*, v. 26, p. 24-26. 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de recuperação de informações – SIDRA. Homepage IBGE, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2015.

- IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, 2013.I e 2014.I. Acesso em: 10 abril. 2015.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas de população. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em 21 maio 2015.
- IBGE. Indicadores IBGE – Estatística da Produção Agrícola - Janeiro de 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Agosto 2013
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: junho 2015
- IRGA, Instituto Rio Grandense do Arroz. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócios. Rotação de culturas: O futuro da lavoura. Exportações de arroz devem ultrapassar 1,2 milhão de toneladas em 2012/2013. Rev. Lavoura Arrozeira, v. 60, nº 458. 2012.
- Lazzarotto, J. J.; Fioravanço, J. C. Comércio exterior mundial e brasileiro de uva de mesa: análise de indicadores de competitividade, tendências e sazonalidades - Bento Gonçalves : Documentos / Embrapa Uva e Vinho, ISSN 1808-4648; 80. Embrapa Uva e Vinho. 2013. 44 p.
- Ma, J.; Hoekstra, A. Y.; Wang, H.; Chapagain, A. K.; Wang, D. Virtual versus real water transfers within China. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v.361, p.835-842. 2006.
- Maia Neto, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. *A Água em Revista*, Belo Horizonte, n.9, p.21-32. 1997
- Maracajá, K. F. B.; Silva, V. de P. R.; Neto, J. D.; Araújo, L. E.; Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Edição Especial Rio +20. v. 2, n.2, p.113-125. 2012.
- Marzullo, R. C. M.; e Matai, P. H. L. S.; Francke, I. C. M. Pegada Hídrica da água tratada: necessidade de água para a obtenção de água. In: 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços - Colaborando com decisões sustentáveis. 2010.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultura: Café. Brasília – DF. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe>. Acesso em: 3 junho, 2015.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Plano Agrícola e Pecuário 2013/2014. Ano publicação: 2013.

- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Cláudia de Mori; Euclides Minella. Documentos on line. 139. ISSN 1518-6512. Outubro, 2012. Acesso em: 30 maio. 2015
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Comércio Exterior da Agropecuária Brasileira - Principais Produtos e Mercados - Edição 2012. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. – Brasília: MAPA/ACS. 2012. 128 p.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia. Brasília, DF. 2007. 140 p.
- MAPA - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos - SPI. Relatório de Avaliação do Plano Plurianual 2004-2007: exercício 2007 - ano base 2006. 2007. 188p.
- McGuire, V. L. Water-level changes in the High Plains Aquifer, predevelopment to 2005 and 2003. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report. p.2006–5324. 2007.
- Maplecroft. Disponível em: http://maplecroft.com/about/news/water_stress_index_2012.html, acesso em 25 de janeiro de 2013.
- Makishima, N.; Melo, W. F de. Revista Cultivar Hortaliças e Frutas, Edição 29. Embrapa Hortaliças. Dezembro/2004; janeiro/2005.
- Matthiesen, M. L.; Boteon, M. Análise dos principais pólos produtores de banana no Brasil. Piracicaba (SP): Cepea/Esalq-USP, 2003. 18 p.
- Mekonnen, M. M.; Hoekstra, A. Y. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, v.15, n.3, p.401–415. 2012.
- Mekonnen, M. M.; Hoekstra, A.Y. National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption. *Value of Water Research Report Series N°50*, UNESCO-IHE, v.1. 2011. 50p
- Mekonnen, M. M.; Hoekstra, A.Y. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. *Main Report*, v.1. 2010.
- Mello, L. M. R. Produção e mercado da pêra de 2001 a 2010: panorama nacional e mundial. Comunicado Técnico 133. ISSN 1808-6802. 2013.
- _____. Vitivinicultura brasileira: panorama 2011. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, Comunicado Técnico, n.115. 2012. 4 p.
- MDIC - Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Sistema de Análise de Informações do Comércio Exterior. (ALICE). Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso, janeiro, 2015

- OIV. Statistiques du secteur vitivinicole mondial. Disponível em: <<http://www.oiv.int/>>. Acesso em: junho 2015.
- Oki, T. and Kanae, S., Virtual water trade and world water resources, *Water Science and Technology*, v.49, n.7, p.203–209. 2004.
- ONU – Organização das Nações Unidas. Agências da ONU pedem que agenda pós-2015 foque na desigualdade de acesso à água e higiene. Publicado em 2013. Acesso em 12 de maio de 2015.
- Paz, V. P. da S.; Teodoro, R. E. F. & Mendonça, F. C. Comunicado Técnico- Recursos Hídricos, Agricultura Irrigada e Meio Ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.465-473. 2000.
- Pereira, A. da S.; Daniels, J.; Freire, C. J. da S.; Bertoncini, O.; Nazareno, N. R. X. de; Brisolla, A. D.; Salles, L. A. B.; Madail, J. C. M. Produção de Batata no Rio Grande do Sul. Circular Técnica 48. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2005.
- Perry, C. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations, *Irrigation and Drainage*, v. 56, p. 367-378. 2007.
- Pittock, J., & Connell, D.. Australia demonstrates the planet's future: Water and climate in the Murray-Darling Basin. *International Journal of Water Resources Development*, v.26, p.561–578. 2010.
- Rebouças, A. C Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *Bahia análise & dados Salvador*, v.13, n.ESPECIAL, p. 341-345. 2003.
- Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: Rebouças (Org.) *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 2. ed. São Paulo, Escrituras Editora. 2002. 703p.
- Rebouças, A. C. Água e desenvolvimento rural. *Estudos Avançados*, v.15, n.43, p.327-344. 2001.
- Rebouças, A C., Braga, B., Tundisi, J. G., *Águas Doce no Brasil*, Editora Escrituras São Paulo. 1999.
- Robin C.; Jannet K.. *O Atlas da Água*, Ed. Publifolha. 2005. 128p.
- Rockström, J. and L. Gordon ‘Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: implications for future ecohydrological landscape management’ *Phys. Chem. Earth* v.26, p.843-851. 2001
- Rodrigues, A. P. *Perspectivas do mercado sucroalcooleiro*. São Paulo, 2007. Trabalho apresentado no Seminário BM&F: perspectivas para o agribusiness em 2007 e 2008. 2007.

- Salles, L. A. Revista Cultivar Hortaliças e Frutas. 10ª Edição. Embrapa Clima Temperado. 2001.
- Salvador, C. A. estado do paraná. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. Análise da Conjuntura Agropecuária. Safra 2011/12 – Feijão. 2011.
- Santi, A. ; Dalmago, G.A. ; Bazzan, E. ; Vicari, M. B. ; Kerber, T. L. Mudanças climáticas: inferências para a cultura do trigo no Brasil. In: Artigo de divulga o na média, Mudanças climáticas: inferências para a cultura do trigo no Brasil. 2010.
- Sapiro, U. Towards sustainable sugar sourcing in Europe. Water footprint sustainability assessment (WFSA). 2011.
- Saraiva, O. F. Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - girassol. 2003.
- Secretaria de Comercio Exterior – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (SECEX/MDIC) . Disponível em : [http:// www.desenvolvimento.gov.br](http://www.desenvolvimento.gov.br). Embrapa Soja. 2004. Acessado em Janeiro de 2015.
- Seixas, V. S. de C. Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas. Disserta o para obten o do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais. Faculdade de Ciência e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Portugal. 2011
- Schmitt, D. R. Cebola: produ o e mercado nacional. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina. 2010.
- Schubert, H. The Virtual Water and the Water Footprint Concepts. In: Demonstra es do grupo de projeto acatech - Material n   14. 2011.
- Silva, V. de P. R. da; Albuquerque, M. F. de; Araújo. L. E. de; Campos, J. H. B. da C.; Garc z, S. L. A. & Almeida, R. S. R. Medi es e modelagem da pegada hídrica da cana-de-a o cultivada no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.6, p.521–526. 2015.
- Silva, V. de P. R da; Aleixo, D de O.; Neto, J. D.; Maracajá, K. F. B.; Araújo L. E. de. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.1, p.100–10. 2013.
- Silveira, T. A; Guandique, M. e.  gua: patrim nio natural da vida. Disponível em: <http://www2.sorocaba.unesp.br/noticias/artigos>. 2006. Acesso em: 06 de janeiro de 2014.
- Shiklomanov, I. A. Assessment of water resources and water availability in the world, Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world, World Meteorological Organisation, Geneva. p. 61. 1997.

- Smith, M., Allen, R.G., Monteith, J.L., Perrier, A., Pereira, L.S., Segeren, A. Report on the Expert Consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. 1992.
- Tundisi, J. G. Água no Século XXI – Enfrentando a Escassez. Ed. Rima. 2009. 256p.
- UBABEF. União Brasileira de Avicultura. Relatório Anual. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/41c30a0f46702351b561675f70fae077.pdf>. 2012. Acesso em: junho 2015
- UNDESA. Population Division, Population Facts. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA. n.10. 2013.
- UNDESA. Population Division: World Population Prospects 2012. Revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA. 2013
- UNFPA – United Nations Populations Fund: Relatório sobre a situação da população mundial 2012. Acesso em 21 de maio 2015
- UN-WATER. Coping with water scarcity. Challenge of the 21st century. 2007.
- Vorosmarty, Charles J, Ellen M Douglas, Pamela A Green, and Carmen Revenga. "Geospatial Indicators of Emerging Water Stress: An Application to Africa." *Ambio* (Royal Swedish Academy of Sciences) v.34, n.3, p.230-236. 2005.
- Watanab, T. Companhia Nacional de Abastecimento – Conab; Diretoria De Logística E Gestão Empresarial – Digem; Superintendência De Gestão Da Oferta – Sugof; Estudos de Preços Mínimos; Produtos de Inverno, Regionais, Café e Leite. Safra 2009 – 2010. 2009.
- WCED. World Commission on Environment and Development (Brundtland Commission). Our common future. Oxford : Oxford University Press. 1987.
- Wichelns, D. Virtual Water: A Helpful Perspective but not a Sufficient Policy Criterion. *Water Resource Management*, v. 24, p. 2203-2219. 2010.
- _____. The Policy Relevance of Virtual Water can be Enhanced by considering Comparative Advantages. In. *Agricultural Water Management* , v.66, n.1, p. 49-64. 2004.
- Wilkinson, J.; Oliveira, L. C. Perspectivas do investimento no agronegócio Brasil: relatório de pesquisa/ Relatório final do estudo do sistema produtivo Agronegócio, integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”, realizada pelo Instituto de Economia da UFRJ em convênio com o Instituto de Economia da UEC, em 2008/2009, financiada pelo BNDESocial. UFRJ. 2009. 306p.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Water Version 2, Facts and Trends. 2005.
- WWC - Virtual Water Trade - Conscious Choices. Synthesis in conference on virtual water trade and Geo-politics. Publication, n.2. 2003.

- WWF. Living Planet Report: species and spaces, people and places. McLellan, R., Iyengar, L., Jeffries, B. and N. Oerlemans. 2014.
- Yang, H, and Zehnder, A. J. B. "Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries." *World Development* v.30, n.8, p.1413-1430. 2002.
- Yang, H.; Wang, L.; Abbaspour, K. C.; Zehnder, A. J. B. Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.10, n.3, p.443–454. 2006.
- Yang, H.; Zehnder, A. J. B. Globalization of water resources through virtual water trade, Rosemberg International Forum on Water Policy, available from. 2008.
- Yu, Y.; Hubacek, K.; Feng, K. Guan, D. Assessing regional and global water footprints for the UK. *Ecological Economics*, v.69, p.1140-1147. 2010.
- Zeitoun, M.; Allan, J. A.; Mohieldeen, Y. Virtual water ‘flows’ of the Nile Basin, 1998 e 2004: A first approximation and implications for water security. *Global Environmental Change*, v.20, p.229-242. 2010.

ANEXO I

Commodity	Exigência hídrica Brasil (m³/ton)	Exigência hídrica média global (m³/ton)	Importação (ton)	Produção nacional (ton)	Consumo nacional de produção nacional (ton)	Exportação (ton)	Consumo (ton)	Pegada hídrica interna do consumo nacional (m³/ano)	Pegada hídrica externa do consumo nacional (m³/ano)	Água virtual exportada por produtos de origem nacional (m³/ano)	Pegada hídrica do consumo nacional (m³/ano)	Pegada hídrica (m³/hab/ano)	Pegada hídrica dentro da área da nação (m³/ano)
Milho	1180	909	801264	44797885	39321338	5476547	40122602	3,57E+10	7,28E+08	6,46E+09	3,65E+10	180	
Trigo	1616	1334	5754109	4125700	3601291	524409	9355400	4,80E+09	7,68E+09	8,47E+08	1,25E+10	62	5,65E+09
Café	13972	17373	292	2778369	1381375	1396993	1381668	2,40E+10	5,08E+06	1,95E+10	2,40E+10	118	4,35E+10
Arroz	3082	2291	819820	11244349	10930710	313639	11750529	2,50E+10	1,88E+09	9,67E+08	2,69E+10	133	2,60E+10
Feijão	3955	4253	138790	3043211	3030930	12281	3169720	1,29E+10	5,90E+08	4,86E+07	1,35E+10	66	1,29E+10
Açúcar	1265	1427	6	30862309	19476938	11385372	19476943	2,78E+10	7,98E+03	1,44E+10	2,78E+10	137	4,22E+10
Centeio	2912	901	21	5644	5623	21	5644	5,07E+06	1,89E+04	6,00E+04	5,09E+06	0	5,13E+06
Cevada	1373	1388	208848	290850	283755	7095	492603	3,94E+08	2,90E+08	9,74E+06	6,84E+08	3	4,04E+08
Carne bovina	16961	15497	40200	5050410	4357914	692496	4398114	6,75E+10	6,23E+08	1,17E+10	6,82E+10	336	7,93E+10
Carne suína	6603	6655	349	2127367	1754998	372370	1755347	1,17E+10	2,32E+06	2,46E+09	1,17E+10	58	1,41E+10
Carne frango	4474	3900	804	7464384	5147808	2316576	5148612	2,01E+10	3,13E+06	1,04E+10	2,01E+10	99	3,04E+10
Banana	1188	859	11	5261199	5121344	139855	5121355	4,40E+09	9,70E+03	1,66E+08	4,40E+09	22	4,57E+09
Laranja	342	457	3045	41150231	41090080	60151	41093125	1,88E+10	1,39E+06	2,06E+07	1,88E+10	93	1,88E+10
Maçã	303	697	106279	912907	839574	73333	945853	5,85E+08	7,41E+07	2,22E+07	6,59E+08	3	6,07E+08
Uva	341	655	35967	1200045	1159661	40384	1195628	7,60E+08	2,36E+07	1,38E+07	7,83E+08	4	7,73E+08
Pêra	1059	727	120405	41692	41680	13	162085	3,03E+07	8,75E+07	1,33E+04	1,18E+08	1	3,03E+07
Tomate	73	184	199	3538429	3530061	8367	3530261	6,50E+08	3,67E+04	6,11E+05	6,50E+08	3	6,50E+08
Cebola	214	214	187187	1252669	1247295	5374	1434483	2,67E+08	4,01E+07	1,15E+06	3,07E+08	2	2,68E+08

Commodity	Exigência hídrica Brasil (m³/ton)	Exigência hídrica média global (m³/ton)	Importação (ton)	Produção nacional (ton)	Consumo nacional de produção nacional (ton)	Exportação (ton)	Consumo (ton)	Pegada hídrica interna do consumo nacional (m³/ano)	Pegada hídrica externa do consumo nacional (m³/ano)	Água virtual exportada por produtos de origem nacional (m³/ano)	Pegada hídrica do consumo nacional (m³/ano)	Pegada hídrica (m³/hab/ano)	Pegada hídrica dentro da área da nação (m³/ano)
Batata Inglesa	241	255	17531	3201708	3199975	1733	3217506	8,16E+08	4,47E+06	4,18E+05	8,20E+08	4	8,16E+08
Mandioca	400	605	6518	23652754	23652433	321	23658951	1,43E+10	3,94E+06	1,29E+05	1,43E+10	71	1,43E+10
Alho	1080	518	154	93801	93585	216	93739	4,85E+07	7,97E+04	2,34E+05	4,86E+07	0	4,87E+07
Hortícolas	367	273	25	118256	109937	8319	109962	3,00E+07	6,83E+03	3,05E+06	3,00E+07	0	3,31E+07
Leite	1001	990	38265	23970040	23969836	203	24008102	2,37E+10	3,79E+07	2,04E+05	2,38E+10	117	2,37E+10
Queijo	4969	4914	14957	561385	557164	4221	572121	2,74E+09	7,35E+07	2,10E+07	2,81E+09	14	2,76E+09
Manteiga	6550	5553	4235	77868	76412	1456	80647	4,24E+08	2,35E+07	9,54E+06	4,48E+08	2	4,34E+08
Ovos	3337	3340	236	2346	-4564	6910	-4328	1,52E+07	7,89E+05	2,31E+07	1,45E+07	0	7,81E+06
Óleo de Girassol refinado	4879	6214	6187	2989454	2989234	221	2995421	1,86E+10	3,84E+07	1,08E+06	1,86E+10	92	1,86E+10