

**Modelagem de Cenários e Indicador da Pegada Ecológica para projeção da Produção e Consumo de Carne Bovina no Brasil em 2040**

**REGINA DA SILVA DE CAMARGO BARROS**

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (FEA/USP)

**JOSÉ FRANCISCO DE CAMARGO BARROS JÚNIOR**

## **Modelagem de Cenários e Indicador da Pegada Ecológica para projeção da Produção e Consumo de Carne Bovina no Brasil em 2040**

### **Resumo**

O Brasil, através de décadas de investimento em tecnologia que elevou não só a produtividade como também a qualidade da carne bovina brasileira, está entre os mais importantes países produtores de carne bovina no mundo, tornando-se competitivo com seu produto exportado para mais de 150 países. A produção de carne bovina segue acompanhada do aumento no consumo de recursos naturais do planeta, o qual dentre seus impactos causados é possível mencionar uma atmosfera que se aquece pelas emissões de gases do efeito estufa. Com isso, a agricultura brasileira enfrenta uma escolha: por um lado a necessidade de produção contínua de carne bovina, e por outro lado, a necessidade de conservação dos recursos naturais limitados tendo em vista futuras gerações humanas. Em vista disso, a busca de eficiência tecnológica no uso de recursos torna-se um alvo, porém ainda tratado de forma secundária pelo segmento. Para atender a necessidade de identificar o limite dos recursos naturais do planeta foram desenvolvidos diferentes indicadores ecológicos e um deles é a Pegada Ecológica (ou Ecological Footprint). Com todos esses raciocínios apresentados, cria-se o panorama que fundamentou esta pesquisa: a previsão de um futuro para a produção e o consumo de carne bovina brasileira, identificando seus impactos e possíveis alternativas para mitigar os impactos ambientais. Para elucidar esse panorama, essa pesquisa foi composta por quatro distintas fases, que resultaram em um modelo prospectivo, composto por quatro cenários para 2040, os quais envolvem a tecnologia de diferentes formas. Além nisso, esse modelo contempla os níveis atuais de produção, consumo e tecnologia e prospecta avanços tecnológicos, evolução nos níveis de projeção de demanda, população e Pib *per capita* de forma global.

**Palavras-chave:** Cenários Prospectivos; Ecological Footprint; Carne Bovina

### **1 Introdução**

A agricultura passou a mudar não apenas hábitos alimentares, mas também a civilização humana, trazendo aos homens a necessidade de abandono da vida nômade e mudança para uma vida mais centralizada (em forma de aldeias e futuramente cidades) para o plantio e cultivo de alimentos. Durante a Pré-história, especificamente no período Paleolítico (4,4 milhões a.C. até 10.000 a.C.), o homem era nômade e dependia do que localizava para se alimentar, sobretudo plantas ou parte delas, como frutos e raízes. Durante o período Neolítico (12.000 a.C. a 4.000 a.C.), o fogo foi descoberto e junto com ele houve criações e descobertas de instrumentos de caça. Isso possibilitou a inclusão da carne animal como um item de consumo na alimentação. Para tal, o homem passou a domesticar animais para o seu próprio consumo e deu início a um processo que, depois de graus de evolução passou a ser conhecido como a agricultura. (DE CHARDIN, 2005 p.235; LOPES, 2010 p.20). Durante os 8.500 anos que se seguiram, a agricultura evoluiu de forma lenta, por meio de tentativa e erro para produção de alimento e fibras. Ferramentas foram substituídas para que o trabalho se tornasse mais eficiente, mas o trabalho ainda se mostrava lento. Nos séculos 18 e 19 a inovação agrícola evoluiu, iniciando com inventos que permitiam maior eficiência, organização e rapidez no plantio, como a primeira semeadeira mecânica. Durante o século 20, novos avanços tecnológicos fizeram com que a agricultura avançasse: máquinas (que substituíam equipamentos tradicionais), uso de fertilizantes, pesticidas e sementes aprimoradas. (MONSANTO, 2015).

Do início da agricultura até meados do século passado, o sistema de produção de alimentos predominante era baseado em pequenas propriedades familiares quase autossuficientes, na chamada “Pecuária de Corte”. Os vegetais cresciam em hortas e pomares domésticos, lado a lado com a criação de cabras, galinhas e bovinos, que forneciam leite, ovos e carne. Os grãos eram triturados em moinhos de pedra e consumidos na forma integral, preservando as fibras e os benefícios naturais. (DE CHARDIN, 2005 p.236-240). Porém mudanças ocorreram após a Segunda Guerra Mundial, impelidas por uma nova imagem rural e uso de tecnologias que ajudam a tecnificar a pecuária de corte. Uma dessas mudanças ocorreu no controle e na regulamentação da produção e importação de alimentos nos Estados Unidos. Foi desenvolvido um modelo alimentício liberal produtivista chamado “americano”, que foi estabelecido rapidamente também na América Latina, Ásia e África, que dependia muito da produção de carne bovina e isso criava um incentivo para a produção industrial do gado e dos cultivos destinados à sua alimentação. Com a implantação desse modelo, sob o ponto de vista de produção, a agricultura sofreu duas mudanças fundamentais: a alteração de um modelo de grãos mistos e produção de gado para um regime especializado em grãos e operações intensivas de criação de gado, trazendo consequências ecológicas. (BELIK; MALUF, 2000).

Por outro lado, é possível observar outro elemento que pode também contribuir para que a pecuária bovina de corte adquira uma operação intensiva a cada ano – o aumento da população. Observa-se que entre 1900 e 2012, a população mundial cresceu de 1,6 bilhões para mais de 7 bilhões. (WORLD BANK, 2014f). À medida que as cidades cresciam, as lavouras foram deslocadas para lugares mais distantes dos centros urbanos, o que tornou necessária a construção de ferrovias e estradas para possibilitar o transporte de alimentos. Os vegetais e outros alimentos frescos cederam seu espaço no comércio e na mesa das pessoas para os produtos que podiam ser transportados com maior facilidade e que duravam mais tempo. Durante o século XX, o consumo de alimentos industrializados foi intensificado, devido a mudanças comportamentais e rotineiras ao estilo de vida sofridas pela população. Porém mesmo contemplando mudanças comportamentais, a produção agrícola foi impelida a aumentar seu nível de produção e incluir em seu modelo de negócio técnicas que contemplassem o cultivo de uma variedade de alimentos e abastecimento fresco e contínuo. (MONSANTO, 2015).

Segundo dados da FAO (2014a) a população mundial passará a se alimentar cada vez melhor até 2030, com 3050 quilocalorias diárias disponíveis per capita, comparado com as 2360 quilocalorias diárias disponíveis per capita na década de sessenta e com as 2800 disponíveis atualmente. Essa mudança reflete, sobretudo, o aumento do consumo em muitos países em desenvolvimento, onde a média ficará em torno de 3000 quilocalorias per capita em 2030. Esse aumento do consumo gera uma tendência à obesidade (ou sobrepeso). A Organização Mundial de Saúde - OMS aponta a obesidade como um dos maiores problemas de saúde pública no mundo. A projeção é que, em 2025, cerca de 2,3 bilhões de adultos estejam com sobrepeso; e mais de 700 milhões, obesos. (ABESO, 2015; CARVALHO, ROCHA, 2011).

Com base nos fatos expostos até o momento, surge um raciocínio em outra vertente. Com a população mundial prevista para chegar a 9 bilhões de pessoas durante o século 21 (FAO, 2013), a demanda para a produção de alimentos, especialmente na pecuária, aumenta e para isso, o consumo de recursos naturais utilizados na produção e cultivo de alimentos também tende a aumentar de forma consequente. E devido à limitação de alguns desses recursos, a tendência é de que ocorra a intensificação desse esgotamento, agravado pelo aumento da poluição, disputas por recursos e as consequências de uma atmosfera que se aquece rapidamente pelas emissões de gases do efeito estufa. Todos estes fatores ainda podem

produzir impactos econômicos, afetando significativamente o Produto Interno Bruto - PIB mundial. Todos esses efeitos serão notados de forma gradual com acumulado efeito para gerações vindouras. (MEADOWS *et al*, 2004 p.53-54).

Preocupações são expressas de que a agricultura poderá, em um futuro não muito distante, não ser capaz de produzir os alimentos necessários para alimentar uma crescente população mundial com níveis suficientes para levar uma vida saudável e ativa. No ano de 1700, apenas 7% da superfície terrestre era utilizada para a agricultura. Atualmente essa área soma mais de 40%. No entanto apenas uma parte restante da terra é atualmente adequada para o cultivo. (FAO, 2014a). Uma segunda preocupação é com o meio ambiente. De acordo com a FAO (2013), a saúde do planeta, a saúde e a segurança alimentar futura humana dependem da maneira como se lida com o planeta e assegurar o bem-estar é sinônimo de respeito pelo meio ambiente, para que a prosperidade sustentável a longo-prazo seja uma realidade para a humanidade. Dessa forma, a agricultura enfrenta uma escolha: por um lado a necessidade de produção contínua de alimentos, e por outro lado, a necessidade de conservação dos recursos naturais limitados tendo em vista futuras gerações humanas.

No atual cenário global, realizar uma produção de carne bovina sustentável pode resultar em generosos e positivos frutos para a mitigação dos efeitos nocivos ao meio ambiente. Isso pode ser obtido por meio da conservação apropriada de água e solo, adoção de tecnologias de baixa emissão de gases do efeito estufa e que permitam a integração da lavoura-pecuária-floresta, adequado manejo da produção, colheita e armazenamento adequado e suficiente da produção colhida. Porém uma produção de carne bovina sustentável é reconhecida por muitos produtores como um desafio distante da real concretização, especialmente acentuado pelas tendências da necessidade de aumentos da produção. (MONSANTO, 2015).

Assim, é possível presumir que mudanças sejam prudentes, contemplando as consequências já abordadas: mudança nos processos de cultivo e produção de alimentos (em especial na pecuária) e mudanças nos padrões de produção e consumo de alimentos, ambas visando uma redução na extração de recursos naturais. (MORILHAS *et al*, 2007; QUIRINO *et al*, 1999 p.32-33). Pesquisas com a finalidade de identificar o limite dos recursos naturais do planeta foram realizadas, fazendo uso do indicador Ecological Footprint (REES; WACKERNAGEL, 1996; WACKERNAGEL; YOUNT, 1998), porém nelas não foi identificado um indicador de produção e consumo sustentável de alimentos abrangente (ou específico para pecuária bovina de corte) que contemple o consumo atual, o crescimento futuro e as variáveis que o influenciam. Com todos esses raciocínios apresentados, cria-se o panorama que fundamentou a pergunta chave desta pesquisa: Por que a integração dos indicadores da pegada ecológica na produção e no consumo de carne bovina global é benéfica para o futuro?

## 1.2 Terra e seus recursos naturais

O ser humano pode ser considerado um inquilino da Terra, que depende da disponibilidade de terra, energia, água e ar no planeta para sua sobrevivência. Ultrapassar os limites existentes desses itens significa caminhar para o suicídio e o ecocídio. A situação atual apresenta, após 200 anos de desenvolvimento econômico, ganhos significativos, propiciados pela Revolução Industrial, de redução das taxas de mortalidade e o crescimento da expectativa de vida. Atualmente, em média, as pessoas vivem mais e melhor. (WHO, 2014; WORLD BANK, 2014e). Em contrapartida, o consumo médio da humanidade aumentou. Entre 1800 e 2010 a população mundial cresceu, aproximadamente, sete vezes (de 1 bilhão para 7 bilhões de habitantes) (WORLD BANK, 2014f) e a economia (PIB) aumentou cerca de 50 vezes (WORLD BANK, 2014d). Mas o crescimento da riqueza se deu à custa da pauperização do

planeta, ou seja, uso excessivo de recursos naturais, especialmente os não renováveis. (WTO, 2010)

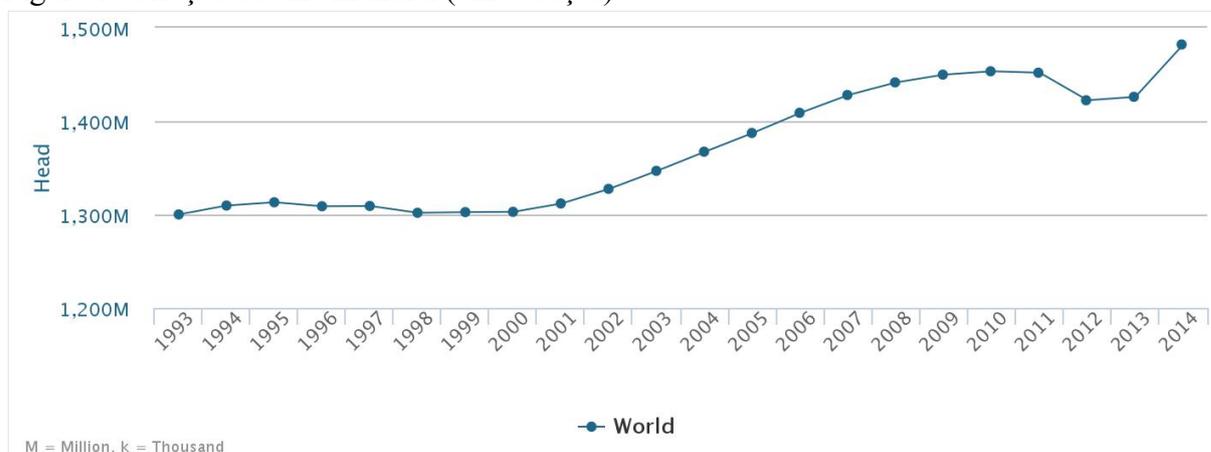
Segundo BITTENCOURT (2012), a agricultura afeta a qualidade do ar e a atmosfera de quatro maneiras: produção de dióxido de carbono devido às queimadas; metano oriundo da produção de arroz e animais; óxido nitroso oriundo de fertilizantes e esterco; e amônia de esterco e urina. A queima de biomassa, realizada para a limpeza do solo para plantio emite substâncias poluentes para a atmosfera e essa é uma prática bastante comum na agricultura tropical, seja para estimular o desenvolvimento de forragens para os rebanhos, seja para limpar o terreno para novos plantios, principalmente no caso do arroz, mas cuja poluição se estende para regiões além da origem das queimadas. (BITTENCOURT, 2012 p.134).

Para alguns países a emissão de gases do efeito estufa pela agricultura representa importante parcela do total de emissões, apesar deste ser raramente o tipo de emissão dominante. Esta participação da emissão de gases pela agricultura pode crescer à medida que as emissões derivadas da produção industrial e de energia crescem menos rapidamente. Existe também a preocupação com outras fontes de emissão, como a de metano, ácido nitroso, e amônia, os quais, em alguns países podem representar cerca de 80% do total de emissões de gases do efeito estufa pela agricultura. (MORILHAS *et al.*, 2009).

## 1.2 Produção e Consumo de Carne Bovina

De acordo com dados da FAOSTAT (2014) mostrados nas Figura 1 e 2, verifica-se que, em 2014, de um total de 1,4 bilhão de cabeças, 44% de sua concentração está dividida entre Brasil (14%) Índia (13%), na China (8%) e nos Estados Unidos (6%).

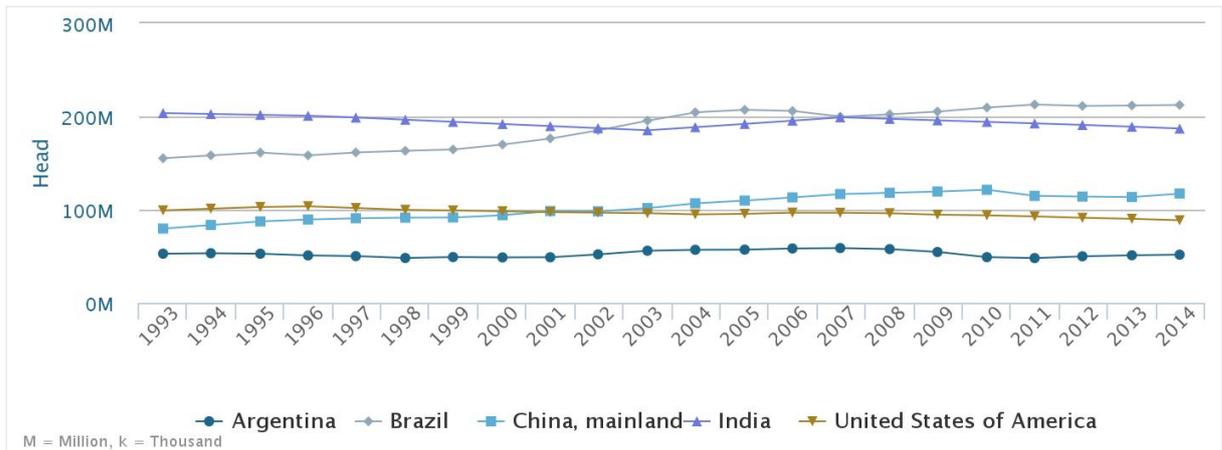
Figura 1: Criação bovina mundial (em cabeças)



Fonte: desenvolvido pelas autoras com base em FAO (2014a)

Entre os três principais rebanhos bovinos comerciais (Brasil, Estados Unidos e China), o brasileiro foi o que apresentou maior taxa de crescimento no período de 1993 a 2014.

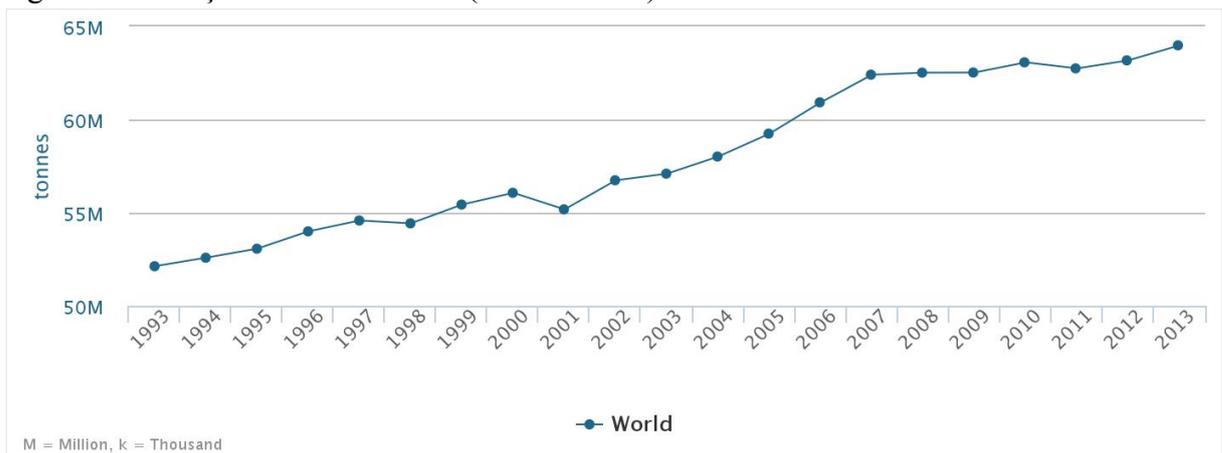
Figura 2: Maiores criadores bovinos (em cabeças)



Fonte: desenvolvido pelas autoras com base em FAO (2014a)

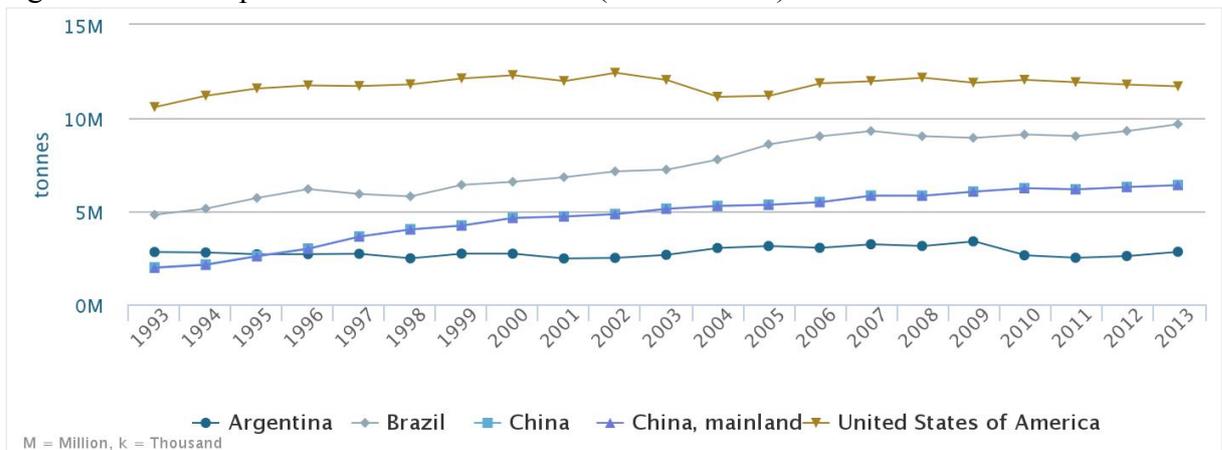
Na figuras 3 e 4, verifica-se que em 2013, de um total de 63 milhões de toneladas de carne produzidas, 48% de sua concentração está dividida entre 4 dos 5 maiores criadores bovinos: Estados Unidos (18%), Brasil (15%), China (10%) e Argentina (4%).

Figura 3: Produção de carne bovina (em toneladas)



Fonte: desenvolvido pelas autoras com base em FAO (2014a)

Figura 4: Maiores produtores de carne bovina (em toneladas)



Fonte: desenvolvido pelas autoras com base em FAO (2014a)

Em virtude de o Brasil estar presente tanto no ranking dos maiores criadores bovinos como no dos maiores produtores de carne bovina, ele será considerado uma referência para a análise desse estudo, nos quesitos de produção e produtividade pecuária. Considerando o total do rebanho bovino brasileiro, cerca de 90% é constituído de gado de corte, cujo sistema de produção destina-se à produção de carne.

Para efeitos dessa pesquisa, os dados de produção brasileira (indicados na figura 5) foram selecionados como parâmetros, uma vez que o país possui o segundo maior rebanho bovino do mundo e o primeiro maior rebanho comercial. O país é também o terceiro maior exportador de carne em toneladas e em faturamento. (BEEF2LIVE, 2015a;2015b).

Figura 5: Perfil Brasileiro de Produção Bovina



TEC = Toneladas Equivalente Carça

Fonte: ABIEC (2014)

O sistema de produção de gado de corte tem como característica a aplicação de um conjunto de tecnologias e práticas de manejo, bem como o tipo de animal, o propósito da criação, a raça ou agrupamento genético e a ecorregião em que a atividade é desenvolvida.

Tabela 1: Balanço da Pecuária Bovina Mundial

Anos	Brasil		Índia		China		Estados Unidos		Austrália		União Européia	
	2013	2014*	2013	2014*	2013	2014*	2013	2014*	2013	2014*	2013	2014*
Rebanho Bovino - milhões de cabeças	211	214	330	332	104	104	88,3	86,6	28,4	29,1	87,6	87,9
Abate - milhões de cabeças	46,5	42,1	37,8	40	41,3	42	33,2	31,3	8,6	8,4	27,3	27,6
Produção de carne **	9,1	9,9	3,75	3,95	5,63	5,75	11,7	11	2,27	2,26	7,69	7,76
Taxa de abate (%)	22	20	11	12	40	40	38	35	30	30	31	31
Produção de Bezerros - milhões de cabeças	57,9	51,3	64,5	65,5	41,6	42,4	33,7	33,3	9,2	8,75	29,8	29,9
Exportações ***	1,8	1,94	1,65	1,75	0,03	0,02	1,11	1,04	1,53	1,54	0,26	0,27

\* 2014 - previsões. \*\* Mil ton eq carcaça. \*\*\* milhões ton eq. carcaça.

Fonte: (CSR/UFMG, 2015)

É possível dizer que o Brasil mantém a liderança mundial em exportação, tanto em quantidade, quanto em volume financeiro (dados indicados nas tabelas 1 e 2). Vários fatores contribuíram para o aumento das exportações brasileiras nos últimos anos, entre eles estão aspectos sanitários, melhoria na qualidade e precocidade do rebanho brasileiro, maior demanda de alimentos pelos mercados emergentes e menor custo de produção do produto nacional em relação aos seus maiores concorrentes. (FAO *et al.*, 2014).

O rebanho, produção de carne, consumo interno e as exportações aumentaram nos últimos anos, apesar do consumo per capita ter estabilizado com ligeira queda no ano de 2013. Há uma perspectiva de aumento do consumo mundial em 1,5% ao ano, podendo atingir até 76 milhões de toneladas em 2022. Por sua vez, o consumo interno acompanha o crescimento da renda per capita de carne bovina (atualmente de 36kg, chegando a 59kg em 2030), o que refletirá diretamente no crescimento do mercado da carne. (FAO *et al.*, 2014).

Tabela 2: Balanço da Pecuária Bovina de Corte no Brasil

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*
Rebanho Bovino - milhões de cabeças	207	206	200	205	206	211	216	213	211	199
Taxa de abate total (%)	25,3	27,4	25,1	23,2	23,1	23,5	21,3	22,0	22,0	21,8
Abate (milhões)	52,4	56,4	50,1	46,9	47,5	49,2	45,3	46,6	46,5	43,3
Taxa de abate de matrizes (%)	46,8	48,5	48,1	45,4	48,2	48,2	49,3	48,3	46,6	47,6
Produção de Carne **	10,5	10,6	9,3	8,8	9,0	9,3	8,7	8,9	9,1	8,52
Consumo interno *	6,33	6,47	5,64	5,62	6,04	6,26	6,14	6,57	6,59	6,48
Consumo per capita ***	35,0	36,0	31,0	30,0	32,0	33,0	31,7	33,5	33,0	32,0
Exportação **	1,86	2,1	2,2	1,83	1,61	1,55	1,32	1,5	1,8	2,1
Importação **	43,0	25,0	26,0	24,0	30,0	30,0	35,0	55,0	53,0	62,0

\* 2014 - previsões. \*\* Mil ton eq carcaça. \*\*\* milhões ton eq. carcaça.

Fonte: (CSR/UFMG, 2015)

A pecuária bovina de corte, predominante no Brasil, baseada no uso de plantas forrageiras adaptadas às condições de clima e solo da região e na utilização limitada de insumos e presente no cenário econômico há muitos anos, tem sofrido acentuado desenvolvimento nas últimas décadas, através da expansão da fronteira agrícola, com a incorporação de novas terras, em sua maioria desprovida de infraestrutura e tendo desgaste do solo pelo sistema intensivo de produção de grãos. (CARVALHO, ZEN, 2009). Porém, ela pode ser considerada como uma atividade possível de ser implantada e conduzida com relativo sucesso, sem que seja necessário o preparo mais cuidadoso da terra, ou o uso mais intensivo de insumos, de tecnologia e de mão de obra. Isto é, na pecuária é possível produzir, embora com baixa eficiência e talvez por conta disso, o país tem sofrido pressões ambientais e de mercado, para o aumento da disponibilidade de tecnologia (tecnologias de recuperação e manejo de pastagens, lançamento de cultivares mais produtivas de capins, melhoramento genético do rebanho e etc.) com incentivo a mudança de atitude para o setor produtivo de carne. (DIAS-FILHO, 2014).

Com o intuito de fazer um bom manejo da pastagem e do pastejo, é realizado um trabalho no sentido de aumentar a área de pastagem (suprimento) para fornecer mais alimento a um mesmo rebanho, atendendo a demanda necessária. Esse processo pode ser caracterizado como a “fase primária” de expansão de pecuária em áreas de fronteira agrícola, no qual o aumento de produção é alcançado, sobretudo com a expansão útil das áreas de pastagem. (DIAS-FILHO, 2011).

Nos últimos anos têm se observado uma busca por uma produção bovina de maneira mais profissionalizada e verticalizada, com um movimento de incorporação de tecnologias ao setor, apoiada em alguns investimentos em formação, recuperação ou reforma de pastagens, mas, sobretudo, em investimentos na qualidade do rebanho e essa é chamada por DIAS-FILHO (2011) de “fase secundária”. Nesse contexto, é possível destacar a avançada utilização de estudos de genética, que contribuíram para a identificação de características que produzem maior ganho de peso e redução no tempo de engorda do animal, e que ao mesmo tempo possibilitaram o cruzamento e posterior aclimatação ao país de raças diferenciadas, além do

desenvolvimento de processos de inseminação artificial, resultando em maior produtividade a produção pecuária.

Os principais processos em sistemas de produção de alimento para pastagem são a utilização da energia luminosa e o suprimento de nutrientes para o crescimento da planta forrageira. Em sistemas de produção animal, dois outros estágios são de grande importância: (1) as plantas devem ser consumidas pelos animais e (2) convertida em produto animal. Cada um desses estágios tem sua própria eficiência e pode sofrer influência do manejo e contribuir para a eficiência do processo como um todo, que possui como essência o alcance do balanço efetivo entre as deficiências do processo produtivo: crescimento, utilização e conversão. (HODGSON, 1990).

### 1.3 Ecological Footprint

Dentro dessa perspectiva, possivelmente, o esforço mais influente para resolver ou contornar problemas de agregação e ponderação econômica e ambiental através de indicadores foi a metodologia do Ecological Footprint - EF (ou a chamada Pegada Ecológica). Ela foi proposta há cerca de 18 anos, tanto como uma abordagem e um método, que visa determinar o grau de (in) sustentabilidade de atividades e regiões / países. (ODEGARD, 2011; ODEGARD, VAN DER VOET, 2014).

A Global Footprint Network (Organização sem Fins Lucrativos) é uma comunidade que tem por intuito estabelecer padrões internacionais para a metodologia da EF, a fim de estabelecê-la como indicador padrão de sustentabilidade. As aplicações da EF variam do estudo da demanda de recursos a nível global, nacional a níveis regionais. Exemplos recentes de aplicações da EF a nível internacional são o "WWF - Living Planet Report 2014" (WWF, 2014) e o relatório "Living Forests Report 2011" (WWF, 2011). Exemplos de estudos da EF aplicados de forma nacional são: "Exergy based Ecological Footprint accounting for China" (SHAO *et al.*, 2013), "Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework" (BORUCKE *et al.*, 2013), "Ecological Footprint Time Series of Austria, the Philippines and South Korea for 1961-1999" (WACKERNAGEL *et al.*, 2004). Sob o tema de alimentação e/ou agricultura, alguns modelos baseados na EF foram pesquisados para analisar o futuro dos alimentos. (AGOSTINHO; PEREIRA, 2013; BLAIR; SOBAL, 2006; CERUTTI *et al.*, 2010; CERUTTI *et al.*, 2011; CERUTTI *et al.*, 2013; KISSINGER *et al.*, 2007; MÓZNER, 2014; SARAIVA-CORTEZ *et al.*, 2013).

A EF compara a biocapacidade descrita por vários recursos naturais (agricultura, pastagem, florestas, pesca, área construída, energia e área necessária para a absorção de dióxido de carbono) com diferentes classes de consumo (alimentos, moradia, mobilidade e transporte, bens e serviços, governo e infraestrutura) e tem como objetivo avaliar a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais e tornou-se uma importante ferramenta de gestão ambiental e urbana que permite apontar ações de mitigação que podem ser feitas visando à redução de impactos. A EF de um país, estado, cidade ou pessoa corresponde ao tamanho das áreas produtivas terrestres e marinhas necessárias para sustentar determinado estilo de vida. É considerada uma forma de traduzir, em hectares, a extensão de território que uma pessoa ou uma sociedade utiliza para morar, se alimentar, se locomover, se vestir e consumir bens de forma geral. (REES, 1992 p.124-126).

A EF é popular, não só por que supostamente fornece um indicador geral para a pressão ambiental ou de impacto, mas também porque ela ressoa com a noção de que as atividades

humanas não devem exceder a capacidade de assimilação do meio ambiente, identificando o impacto que as decisões cotidianas geram sobre o ambiente. (BORUCKE *et al.*, 2013); (HERENDEEN, 2000).

Atualmente, a média da EF mundial é de 2,6 hectares globais por pessoa, enquanto a biocapacidade disponível para cada ser humano é de apenas 1,7 hectare globais. Isso coloca a humanidade em um grave déficit ecológico de 0,9 gha/cap, ou, expressado de outra forma, a humanidade consome um planeta e meio, excedendo assim a capacidade regenerativa do planeta em 50%. Desde meados da década de 1980, a humanidade passou a consumir mais do que o planeta naturalmente oferece e se mantém acima do limite necessário de um planeta. Projeções para 2050 apontam que, se a humanidade continuar a proceder desta forma, uma maior capacidade ecológica será necessária para que seja mantido o mesmo padrão de consumo. A EF da humanidade mais que duplicou desde 1966 e atualmente está em 2,9 hectares globais por habitante, indicando que o consumo médio de recursos naturais pelo brasileiro está bem próximo da EF mundial. (VAN DEN BERGH; GRAZI, 2014 p.10).

Um exemplo disso é que em 1961 era preciso apenas 63% da Terra para atender às demandas humanas. Porém, em 1975 já era necessário 97% da Terra. Em 1980 se exigia 100,6% de Terra, portanto, já se necessitava maior capacidade ecológica. Em 2005 já se contabilizava a cifra de 145% de Terra. Isso quer dizer que é preciso quase uma Terra e meia para estar à altura do consumo geral da humanidade. Em 2011 a humanidade se aproximou de 170% de Terra. Portanto, próximo a dois planetas Terra. A seguir esse ritmo, as estatísticas indicam que no ano 2030 serão necessários pelo menos três planetas Terra iguais a este que a humanidade vive. Se hipoteticamente se quisesse universalizar para toda a humanidade o nível de consumo que os países ricos como os Estados Unidos, a União Europeia e o Japão desfrutam, biólogos e cosmólogos afirmam que, seriam necessários cinco planetas Terra, o que torna-se irracional. (WWF, 2014 p.32-33). O principal objetivo da metodologia EF é responder à pergunta concernente a condição necessária para o consumo sustentável: "A demanda humana está dentro da capacidade regenerativa do planeta?". (KITZES; WACKERNAGEL, 2009; SCHAEFER *et al.*, 2006; VAN DEN BERGH; GRAZI, 2014).

A medição da EF é dividida em duas partes: a demanda sobre a natureza (ou Pegada Ecológica, EF) e a oferta ecológica (ou Biocapacidade, BC), estimada para um período de tempo definido. Do lado da demanda, há o recurso de utilização EF (áreas construídas, consumo de energia e recursos renováveis), que é expresso em unidades de espaço ou hectares globais. Do lado da oferta, BC agrega a produção de vários ecossistemas em uma determinada área (como por exemplo, de terras aráveis, pastagens, florestas ou mares produtivos). Os fatores de ponderação harmonizam influências ou componentes heterogêneos e os convertem em diferentes unidades: (toneladas (t) ou hectares (ha)) em unidades padronizadas (Hectares globais, gha). Cada hectare global equivale a uma quantidade igual de produtividade biológica. (LAZARUS *et al.*, 2014; REES, 2001; SCHAEFER *et al.*, 2006).

A medida traduzida na EF é a produtividade dos recursos necessários durante o período de tempo especificado (por exemplo, um ano), o produto selecionado (por exemplo, culturas, produto animal e etc.) e o tipo de terra ligado (por exemplo, pastagens, pastagens, área de pesca). Em suma, a EF é uma medida do consumo (ou demanda) de recursos renováveis (culturas, produtos de origem animal, madeira e peixe), através do resultado do consumo de energia e o uso de áreas urbanizadas, convertidas em unidades produtivas padronizadas – global hectares - gha. (LAZARUS *et al.*, 2014).

O fator de equivalência (em gha/ha) traduz um tipo de terra específico (como terra de cultivo ou floresta) em um hectare. Este fator de equivalência representa a produtividade potencial média do mundo de um dado bioprodutivo em relação à produtividade potencial média mundial de todas as áreas bioprodutivas. Por exemplo, a produtividade média das terras agrícolas é superior à produtividade média de todos os outros tipos de terras, que são convertidos, aplicando-se seu correspondente fator de equivalência para serem expressos em hectares globais. A equivalência é a mesma para todos os países, mas varia de ano para ano devido a mudanças na produtividade relativa dos tipos de ecossistemas ou de uso da terra por fatores ambientais (como padrões climáticos). (LAZARUS *et al.*, 2014) Os fatores de equivalência são derivados do índice de adequação de Global Agro-Ecological Zones – GAEZ, que consiste em um Modelo Agrícola de Rendimento. (FAO; IIASA, 2000).

A Biocapacidade - BC é uma metodologia que responde à pergunta: "Quantos recursos renováveis têm sido disponibilizados pela capacidade regenerativa da biosfera (ou que são produzidos pelos vários ecossistemas)? (SCHAEFER *et al.*, 2006). BC representa a maior parte da capacidade regenerativa da biosfera. É um agregado de produção de vários ecossistemas numa determinada área (por exemplo, de terras aráveis, pastagens, florestas, mar). Alguns deles também podem consistir em terras construídas ou degradadas. O BC da Terra aumenta com uma maior produtividade biológica e com maior produtividade por unidade de área. (LAZARUS *et al.*, 2014; WWF, 2011; 2014; 2015).

Em 2004, a Terra tinha 11,4 bilhões de hectares de terra e mar biologicamente produtivos para aproximadamente um quarto da superfície do planeta (2,3 bilhões de hectares de água oceânica e terrestre, 1,5 bilhão de hectares de terras cultivadas, 3,5 bilhões de hectares de pastagens, 3,8 bilhões de hectares de florestas no planeta Terra e 0,2 mil milhões de hectares de terrenos urbanos). Com base nisso, é de vital importância lembrar que um hectare (gha) é uma unidade de terra que contém a produtividade média da Terra, ou seja, é uma unidade universal biologicamente produtiva, que inclui a sua capacidade de absorção de resíduos. (LAZARUS *et al.*, 2014; SCHAEFER *et al.*, 2006).

É válido ressaltar que a biocapacidade não depende apenas das condições naturais, mas também das práticas prevalentes de uso da terra (por exemplo, agricultura, silvicultura e etc.). (GALLI *et al.*, 2014) É possível identificar no fator de rendimento específico de um país discrepâncias, que podem ser atribuídas a diferentes níveis de produtividade de um tipo de terra e avanços tecnológicos. (KAIMOWITZ, SMITH, 2001). Dessa forma, cada país pode ter seu próprio conjunto de fatores de rendimento que sofre oscilações ano a ano. E novamente, o fator de equivalência (em gha / ha) traduz um hectare de um tipo de terra específico (como pastagens, áreas florestais, águas marinhas ou áreas construídas) em um hectare global. (LAZARUS *et al.*, 2014; SCHAEFER *et al.*, 2006).

## **2 Métodos**

A escolha do instrumental metodológico pode parecer, a um leigo no assunto, ou mesmo a um pesquisador inexperiente, uma mera formalidade que todo autor deve cumprir, sob pena de que os textos científicos sejam considerados incompletos ou deficientes. O fato é que a descrição inadequada do escopo metodológico realmente compromete a qualidade da pesquisa, já que não permite ao leitor compreender a essência do que o pesquisador pretendia quando da elaboração de seu trabalho, muito menos se aquilo que obteve realmente está de acordo com os objetivos preestabelecidos.

De acordo com DUBÉ; PARÉ (2003), o rigor metodológico, por si só, não é um elemento suficiente para garantir a qualidade da pesquisa, mas há também a necessidade de se cumprirem requisitos mínimos para que seja desenvolvida uma pesquisa com qualidade e alto grau de relevância para a comunidade científica e para a sociedade como um todo. Neste sentido, MARCONI; LAKATOS (2010) apresentam condições fundamentais na escolha do instrumental metodológico, entre essas o tipo de pesquisa, que dependerá de vários fatores relacionados com a pesquisa, ou seja, a natureza dos fenômenos, o objeto da pesquisa [...] e outros elementos que possam surgir no campo da investigação.

As fases que constituíram essa pesquisa, juntamente com seus procedimentos estão descritas detalhadamente nas subseções seguintes.

## 2.1 Primeira Fase

Uma vez que a pesquisadora não possui conhecimentos aprofundados sobre o tema Recursos Naturais, essa fase baseou-se no levantamento de informações acerca do tema, juntamente com as consequências ambientais da produção e consumo bovino. Além disso, foram analisados indicadores de sustentabilidade para produção e consumo mundial e dentre os investigados, passou-se a considerar como preponderante para responder a pergunta de pesquisa definida inicialmente a metodologia EF. Para isso foram utilizadas fontes renomadas no assunto, tanto nacionais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa como internacionais a FAO, Global Footprint Network, entre outras.

## 2.2 Segunda Fase

Essa segunda fase foi composta de análises das fases que compõe a pecuária bovina de corte (fases de criação, tipos de alimentação, solo apropriado e etc.). Além disso, foram verificados dados quantitativos de produção e consumo mundial.

Inicialmente foi aplicado o Princípio de Pareto (SANDERS, 1987), que é também conhecido como a “regra dos 80-20”, por meio do qual foram determinados os países que representam 80% da produção mundial de carne bovina (Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Rússia, México, França, Índia, Itália, Reino Unido, Alemanha, Austrália, Canadá, Japão, África do Sul, Colômbia, Espanha, Paquistão, Coreia, Egito, Uzbequistão, Venezuela, Ucrânia, Indonésia e Vietnã) e 80% do consumo mundial de carne bovina (Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Austrália, México, Rússia, França, Alemanha, Canadá, Itália, Índia, Reino Unido, África do Sul, Colômbia, Paquistão, Uzbequistão, Ucrânia, Nova Zelândia, Espanha, Irlanda, Japão, Venezuela e Uruguai) em séries históricas de 1980 a 2011. A partir disso, esses países se tornam foco da pesquisa. Os dados utilizados foram coletados na FAO (2014a).

Em seguida, foram identificados níveis de produção de carne bovina (em tonelada), produção por cabeça (por arroba), de cada um desses países em mesmas séries históricas (1980 a 2011). Os dados utilizados foram coletados na FAO (2014a).

Como variáveis sociais, foram identificados dados de consumo (em tonelada), consumo (gramas/pessoa/dia), tamanho da população e Pib per capita de cada um desses países em mesmas séries históricas (1980 a 2011). Os dados utilizados foram coletados na FAO (2014a); WORLD BANK (2014e; 2014h).

Ademais, aplicando a metodologia EF como base inicial do modelo (explicitada no capítulo 6), foi definida como mais apropriada ao estudo a análise/inclusão da EF de apenas um

ecossistema: Ef\_Grazing ou Pastagem. Esses dados em mesmas séries históricas (1980 a 2011) da EF utilizada nessa pesquisa foram obtidos por meio da Global Footprint Network (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2016), na qual são contemplados dados EF de área, biocapacidade, produção, consumo, importação e exportação convertidos em Global Hectare - Gha.

### 2.3 Terceira Fase

A terceira fase é iniciada pelo uso da estatística para investigar questões. A questão investigada é o consumo de carne bovina, por meio da análise de relações entre duas variáveis (Consumo e PIB per capita) em cada um dos países em mesmas séries históricas (1980 a 2011). Segundo HAIR JR et al. (2005), quando há uma ligação coerente e sistemática entre variáveis, pode-se dizer que há uma relação e essa relação pode ser avaliada por meio de técnicas associativas como a correlação e a regressão múltipla. Para todos os países foi realizada a técnica associativa de regressão, lembrando que a relação buscada não é necessariamente causal, mas a presença dela entre as variáveis e prováveis linhas de tendência. (HAIR JR *et al.*, 2005 p.310).

Depois de realizada a análise de associação (regressão múltipla), foi desenvolvida uma tendência global de consumo bovino em função da renda per capita, baseado em dados de consumo de 2011. Ao mesmo tempo, foram utilizadas as equações das regressões múltiplas de cada país para projetar sua demanda per capita futura, com a ressalva de que caso o demanda projetada per capita para 2040 fosse menor do que o atual consumo per capita (2011), fosse mantido o atual consumo para a demanda projetada per capita. Com base nesse cálculo, foi projetada a demanda total por país para 2040. Para os índices de população e Pib *per capita* projetados, foram utilizados dados de estudos desenvolvidos por COOPERS (2015) para 2050. O dado de biocapacidade utilizado nas simulações foi obtido por meio da Global Footprint Network (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2016) e foi mantido em todas as simulações realizadas.

### 2.4 Quarta Fase

Com base nos dados levantados e projetados, foram realizadas algumas simulações para o ano de 2040, com o objetivo especial de identificar um cenário sustentável, ou seja, reserva ou equalização de biocapacidade.

A primeira simulação baseou-se no atual cenário global de produção e consumo de carne bovina, juntamente com os impactos decorrentes. A segunda simulação seguiu a premissa de projetar os dados de população, Pib per capita, demanda per capita e demanda total para 2040, fazendo uso da eficiência do uso de recursos naturais utilizada em 2011 e seus impactos decorrentes. A terceira simulação tem como objetivo identificar níveis de consumo e produção de carne bovina sustentáveis ou adequados ambientalmente para 2040. A quarta simulação tem como premissa a aplicação de um nível de eficiência moderado para redução dos impactos decorrentes da produção e consumo global de carne bovina.

Após realizar as simulações, foram elaborados cenários globais prospectivos para produção e consumo de carne bovina. De acordo com a metodologia de elaboração de cenários selecionada para essa pesquisa, uma das etapas consiste na validação por especialistas dos cenários desenvolvidos. Essa validação foi realizada através de entrevistas, conduzidas por meio de questionário estruturado. A seleção dos especialistas entrevistados se deu através de busca de currículos na Plataforma Lattes (<http://lattes.cnpq.br/>) pelo termo chave de produção “pecuária bovina de corte”, com pesquisadores doutores de nacionalidade brasileira. Foi

utilizada uma técnica de amostragem não probabilística, que procura obter uma amostra de respondentes conveniente.

A entrevista foi realizada de forma online, por meio de um questionário estruturado, no qual eram abordadas questões centrais concernentes a produção e o consumo de carne bovina no Brasil e no Mundo.

### 3 Resultados

Considerando como premissa que Biocapacidade (Bi) se refere aos Recursos Naturais disponíveis no meio ambiente para pecuária, o modelo de Produção e Consumo Sustentável de Carne Bovina, desenvolvido nessa pesquisa a partir da metodologia EF, pode ser descrito pelas equações:

Quadro 1: Equações da Tese

$$\textit{Eficiência no Uso de Recursos Naturais (Er) = Biocapacidade (Bi) / Demanda (De)}$$

Ou de uma forma mais complexa:

$$Er = Bi / De$$

$$\textit{Produção Máxima Sustentável (Pm) = Biocapacidade (Bi) / Eficiência no Uso de Recursos Naturais (Er)}$$

Ou de uma forma mais complexa:

$$Pm = Bi / Er$$

$$\textit{Ecological Footprint (Ef) = Eficiência no Uso de Recursos Naturais (Er) * Demanda (De)}$$

Ou de uma forma mais complexa:

$$Ef = Er * De$$

$$\textit{Consumo e Produção Sustentável (Cps) = Biocapacidade (Bi) – Ecological Footprint (Ef) = 0}$$

Ou de uma forma mais complexa:

$$Cps = Bi - Ef = 0$$

Fonte: desenvolvido pelas autoras

A partir do modelo desenvolvido, simulações foram desenvolvidas a fim de identificar as mudanças na Biocapacidade e as medidas a serem tomadas para o equilíbrio ou o alcance da sustentabilidade no consumo e produção global de carne bovina.

Em seguida, foram desenvolvidos cenários prospectivos para 2040, com especial enfoque no Brasil e no seu papel para a produção mundial, a fim de prever o futuro do consumo e

produção global de carne bovina. Cada um dos cenários apresenta em seu título a principal característica do cenário.

Conforme descrito no subtítulo de metodologia dessa pesquisa, para essa pesquisa foram elaborados os cenários mediante a aplicação da metodologia desenvolvida por WRIGHT, SPERS (2006), em que são descritas três possibilidades de visões do futuro: a visão extrapolativa, exploratória e normativa, seguindo as etapas descritas a seguir.

*1. Definição do escopo e objetivos dos cenários:* O escopo dos cenários deve permear a produção e o consumo mundial sustentável de carne bovina, com o objetivo de identificar um padrão sustentável, através da combinação do uso de recursos naturais, variáveis econômicas, tendências tecnológicas e padrões globais de consumo de alimentos.

*2. Identificação das variáveis, tendências e eventos fundamentais:* Uma vez definido o escopo e os objetivos dos cenários de Produção e Consumo Mundial Sustentável de Carne Bovina, e fazendo uma análise do panorama atual do setor, foi possível identificar uma lista das principais variáveis dos cenários: (1) Pib *per capita*; (2) Consumo e Padrão Alimentar da População; (3) Sustentabilidade e uso de recursos naturais; (4) Impactos causados pela pecuária ao meio ambiente; (5) Tecnologia na pecuária bovina de corte.

*3. Estruturação das variáveis dos cenários:* Neste sentido foi possível identificar fatores invariantes relevantes para Produção e o Consumo Mundial de Carne Bovina, como o crescimento populacional e Pib *per capita*, bem como a associação dessas variáveis ao consumo, sendo considerada uma forte influência no setor.

A divisão de variáveis foi desenvolvida com base na técnica de Análise e Estruturação de Modelos, desenvolvida por WRIGHT (1991):

- Variáveis resultantes: redução contínua na biocapacidade, desmatamento.
- Variáveis intermediárias: emissão de gases poluentes, desmatamento, poluição de solo.
- Variáveis causais: aumento do Pib *per capita*, diversidade de consumo de carne, crescimento populacional.

*4. Projeção dos estados futuros das variáveis:* A técnica utilizada nessa etapa foi a simulação, fazendo uso de dados qualitativos e quantitativos. As simulações, explicitadas nos apêndices B-E, foram realizadas a partir do modelo desenvolvido nessa pesquisa.

*5. Identificação dos temas motrizes:* A partir das simulações realizadas na etapa anterior, foram definidos 5 temas motrizes:

- Cenário mais provável: Cenário Atual
- Cenário contrastado 1: Cenário 2040 com Tecnologia Atual
- Cenário contrastado 2: Cenário 2040 com Tecnologia Moderada
- Cenário desejado: Cenário 2040 com Tecnologia em busca da Sustentabilidade

6. *Montagem de uma matriz morfológica de cenários*: Foi realizada uma análise, juntamente com a combinação consistente entre todas as variáveis dos cenários, gerando uma matriz dos cenários, que serviu de base para a redação dos cenários para a Produção e Consumo Mundial Sustentável de Carne Bovina em 2040, indicada na tabela 25.

## 4 Discussão

### 4.1 Cenário 1: Cenário Atual - 2011

Esse cenário tem como referência a mensuração dos dados de população, consumo per capita, Pib per capita, EF, Produção, Área para Pecuária, Biocapacidade e Biocapacidade por tonelada do ano de 2011.

É possível perceber que de forma geral, há uma reserva de biocapacidade de 181 milhões de Gha, atribuída especialmente pela Austrália, Argentina, Brasil e África do Sul. Em contrapartida, há países em situação de alto déficit de biocapacidade, com especial destaque para China, Itália, Japão, que somados proporcionam um déficit de 66 milhões de Gha.

Uma informação de suma importância nesse cenário é a Biocapacidade utilizada por tonelada produzida de carne, definida no modelo da pesquisa como Eficiência no Uso de Recursos Naturais. Os países que utilizam os menores níveis de Biocapacidade são Coreia, Paquistão, Japão, Itália e Vietnã.

Embora o Brasil possua uma destacada reserva de biocapacidade, sua Eficiência no Uso de Recursos Naturais é a 10ª pior dos países analisados. Isso indica que há possibilidade de melhoria tecnológica que proporcione aumento de eficiência e conseqüentemente, maior produtividade.

É de destaque também a Austrália e Argentina, que possuem alta reserva de Biocapacidade, mas com situação similar ao Brasil – baixa eficiência produtiva. A Austrália possui grande potencial, porém devido à seca sofrida na região, o solo ficou debilitado e isso ocasionou perda no banco natural de sementes de pastagens, dificultando o aumento da pecuária de corte e promovendo uma estagnação do setor no país.

Dessa forma, subentende-se que há oportunidade para melhoria na eficiência e aumento de produtividade, o que pode contribuir com a competitividade do país e aumento de posições entre os produtores globais de carne bovina.

### 4.2 Cenário 2: Cenário 2040 com Tecnologia Atual

As projeções indicam que haverá aumento da população e redução do nível de pobreza mundial, o que poderá ocasionar no aumento do consumo de alimentos em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Países asiáticos altamente populosos como a China e a Índia levarão ao aumento substancial no consumo de proteínas animais, em especial a carne bovina. Porém, ao mesmo tempo que o consumo é ajustado, os ecossistemas precisam ser preservados, ou seja, é necessário aumentar a produção sem impactar o ambiente.

Pesquisas recentes da Embrapa indicam que o aumento da demanda por carne bovina brasileira está vinculado à preservação dos recursos naturais. (BALBINO *et al.*, 2011). Assim, toneladas de carne serão produzidas com alta produtividade de modo a não impactar negativamente o ambiente em que o animal está inserido, utilizando a terra e a água de maneira racional e integrando a produção animal ao ecossistema existente. O desafio da

produção bovina brasileira e mundial é aumentar a produtividade e o rebanho, sem ampliar a área disponível para produção e para isso a tecnologia exerce um importante papel.

A degradação de pastagens é um dos principais sinais da baixa sustentabilidade da pecuária, nas diferentes regiões brasileiras e mundiais. O manejo inadequado do rebanho é considerado como a principal causa dessa degradação e entre os principais problemas da pecuária brasileira, estão a degradação das pastagens e dos solos; o manejo animal inadequado; a baixa reposição de nutrientes no solo; os impedimentos físicos dos solos; e os baixos investimentos tecnológicos. Essas restrições trazem como consequências negativas: a baixa oferta de forragens, baixos índices zootécnicos e baixa produtividade de carne por hectare, além de reduzido retorno econômico e ineficiência do sistema.

A tecnologia atual mais utilizada envolve a aplicação de sistemas de produção integrados (lavoura-pecuária ou pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta), que diversificam a produção e maximizam o uso da terra, aumentando a rentabilidade da área.

Dentro desse cenário, foram projetados os devidos crescimentos de população, Pib per capita e Consumo per capita equiparado ao Pib per capita, permanecendo estática a Biocapacidade disponível para pecuária e mantendo a mesma Eficiência no Uso de Recursos Naturais, considerando dessa forma que não haverá avanços tecnológicos em 2040, mas serão mantidos os mesmos processos e sistemas produtivos atuais.

O resultado da estagnação tecnológica é perceptível nesse cenário através de um grave desequilíbrio na biocapacidade global, ocasionando um déficit de 413 milhões de Gha, atribuído especialmente a China (responsável por 330 milhões de Gha), Brasil (com 36 milhões de Gha) e Rússia (com 22 milhões de Gha).

Dessa forma, é possível entender que mediante as projeções realizadas, a estagnação tecnológica na pecuária bovina traz graves impactos ao meio ambiente e torna sua produção e consumo insustentável ecologicamente.

#### 4.3 Cenário 3: Cenário 2040 com Avanço Tecnológico Moderado

Nesse cenário são projetados os devidos crescimentos de população, Pib per capita e Consumo per capita equiparado ao Pib per capita, permanecendo estática a Biocapacidade disponível para pecuária e acrescentando 10% ao nível de Eficiência no Uso de Recursos Naturais de cada um dos países.

Estudiosos argumentam que algumas das técnicas de eficiência moderada de manejo de pastagens e plantio tem como resultado a melhoria da fertilidade do solo e tende a produzir rendimentos de 30 a 40%, por animal e por área. Algumas dessas tecnologias envolvem a cobertura e restauração de pasto. E com isso, a técnica de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) tem sido uma boa opção em muitos países para avanços tecnológicos moderados na pecuária bovina. (BALBINO *et al.*, 2011)

Por meio desse cenário, é possível identificar que o saldo negativo global de biocapacidade apresenta redução de 67% (em comparação ao Cenário 2), permanecendo em 277 milhões de Gha. E desse saldo negativo, é atribuído a China 283 milhões de Gha, ou seja, a Austrália ainda contribui com um saldo positivo de biocapacidade por volta de 69 milhões de Gha.

Além da China, Rússia, México, Brasil, e Venezuela apresentam contribuições para o déficit em biocapacidade global, totalizando 52 milhões de Gha.

Dessa forma, é possível compreender que mesmo com um avanço moderado tecnológico em 10% em Eficiência no Uso de Recursos Naturais de cada um dos países, não há mudança para um nível de produção e consumo de carne bovina sustentável.

#### 4.4 Cenário 4: Cenário 2040 com tecnologia em busca da sustentabilidade

Produzir mais com menos, aplicação da genética para aumento da produtividade e lucratividade dos rebanhos de corte, manejo de pastagens com a iLPF, estratégias para eficiência reprodutiva bovina – são algumas das tecnologias avançadas existentes para a produção bovina. (BALBINO *et al.*, 2011)

Em sistemas intensivos, a suplementação aditivada torna-se uma poderosa arma para explorar ao máximo o potencial genético dos animais, bem como da forragem e do suplemento ofertado. Entre os aditivos disponíveis no mercado, os orgânicos ganham destaque no cenário de produção sustentável, pois atuam de modo eficaz e não impactam o ambiente. O Brasil possui clima predominantemente tropical, que favorece a produção de forragens de qualidade e com alta produtividade nos períodos chuvosos. Os ruminantes são capazes de aproveitar alimentos fibrosos e viverem à base de dietas de forragens e, dessa forma, pode-se produzir carne bovina de maneira sustentável e sem competição direta com alimentação humana. (ALVES, 2015)

A suplementação ganhou importância para todas as categorias animais e em todos os períodos do ano, podendo variar de acordo com os índices produtivos desejados – do mais extensivo, com abate de animais de 48 meses, ao mais técnico, com abate de animais de 24 meses, sendo que este possui maior capacidade de lotação, fazendo o básico: cuida do pasto, suplementa corretamente e oferta água de qualidade.

Alguns estudiosos assumem que a tecnologia avançada, manejo correto das pastagens, água disponível de qualidade e suplementação orgânica sejam as bases para o sucesso da produção de bovinos a pasto (ALVES, 2015). E dessa forma, o futuro da produção de bovinos de corte no Brasil está vinculado ao aumento na produtividade de maneira sustentável, com integração adequada das tecnologias disponíveis no mercado ao sistema de gestão existente na propriedade, produzindo carne de qualidade, em quantidade e, acima de tudo, preservando os recursos naturais. (ALVES, 2015).

Além disso, o Brasil apresenta uma área agricultável disponível total estimada em 152,5 milhões de hectares ou 17,9% do território, sendo que destes 62,5 milhões de hectares ou 7,3 % do território é constituído pela área agricultável já utilizada. Pesquisadores indicam que há um potencial de expansão da agricultura e pecuária, especialmente na região do cerrado, correspondente a 90 milhões de hectares ou 10,5% do território, correspondente às áreas agricultáveis disponíveis e ainda não utilizadas. Esses dados indicam que o avanço da agricultura e pecuária no Brasil não necessita ocupar reflorestamentos, nem desmatar áreas para o plantio de soja ou qualquer outra cultura, mas utilizar-se de áreas degradadas ou intensificar o cultivo nas áreas já disponíveis para a agricultura já seria suficiente para expandir consideravelmente a agricultura e pecuária no Brasil, aumentando tanto a produção quanto o nível de empregabilidade, além de elevar o volume de exportações. (BARROS; HAUSKNECHT, 2005; FAO, 2014b).

Esse cenário prevê a aplicação de avançada tecnologia, que até então é mencionada e considerada, mas pouco aplicada de forma efetiva na pecuária bovina de corte no Brasil e no Mundo para o alcance da sustentabilidade. No cenário é identificado que seria necessário acrescentar 30% ao nível de Eficiência no Uso de Recursos Naturais de cada um dos países para a busca da sustentabilidade.

Em meio a um cenário sustentável global, a China ainda apresenta grave déficit de biocapacidade, em 186 milhões de Gha, que é balanceado pelas reservas de Austrália, Brasil, EUA, Uruguai, Nova Zelândia, Colômbia e África do Sul, que poderia ser propensos exportadores para atender a demanda projetada da China.

Com a inclusão do avanço tecnológico de 30% do cenário, há o resultado de Eficiência Sustentável no Uso de Recursos Naturais de cada um dos países. É possível comparar o nível de Eficiência no Uso de Recursos Naturais com tecnologia moderada e avançada e concluir que entre os grandes produtores e consumidores, EUA é o país com menor taxa para atingimento da eficiência sustentável com tecnologia avançada.

Com esse cenário, é possível concluir que o nível sustentável global de produção e consumo de carne bovina é factível, desde que ocorram avanços tecnológicos significativos.

## **5 Conclusão**

Nos cenários desenvolvidos, é previsto um aumento considerável da demanda por carne bovina, e a produção continuará liderada pelos EUA, seguida por China, Brasil e Argentina. Segundo Rural Centro (2012), alguns fatores serão os responsáveis pelo impulso da produtividade de carne bovina no futuro:

- Crescimento da população mundial (previsão de cerca de 9 bilhões de pessoas nas próximas décadas);
- 70% da população se concentra na área urbana e com isso, tem acesso facilitado ao consumo;
- Aumento da renda per capita da população mundial;
- Ocidentalização do consumo, ou seja, mais pessoas consumindo diferentes tipos de carne, especialmente a bovina.

Com base no aumento de demanda previsto, alguns países têm maior potencial para aumentar sua produtividade de carne bovina (BEEFWORLD, 2014; RURAL CENTRO, 2012). O Brasil e uma parte do continente africano têm disponibilidade de área, incidência de chuvas, temperatura, luminosidade e recursos hídricos favoráveis ao aumento da produção. Apenas no Brasil há aproximadamente 333 milhões de hectares que podem ser usados na produção bovina, sem necessidade de desmatamento.

O Brasil continuará como o maior exportador de carne bovina em volume e com baixo custo. Com isso, apesar de seu baixo custo, os pecuaristas brasileiros têm uma das mais baixas taxas de retorno sobre o investimento de gado entre os maiores países exportadores (a frente apenas da África do Sul, Colômbia e Austrália). Isso os levará a um aumento de produção para maior retorno de investimento no volume produzido e negociado, especialmente em questão de exportação, mantendo o mesmo nível de tecnologia utilizado em 2011.

Nos Estados Unidos, a seca do passado forçou o abate do rebanho de fêmeas e remoção de parte do rebanho do Sul para o Norte por falta d'água. Como consequência, confinadores e indústrias perderam investimentos e a população consumidora está desembolsando alto valor

pelo consumo de carne americana. Isso tem feito com que países que importam carne americana reflitam a respeito e se voltem para outros grandes países exportadores, como o Brasil.

Na China, o custo de produção total de gado sofre variação, pois são empregados diferentes tipos de sistema de engorda. E devido a isso, o retorno de investimento dos produtos também sofre variação. E como consequência, o país continua a se colocar como um grande produtor exportador de carne bovina.

Dessa forma, os cenários preveem um futuro otimista especialmente para o Brasil, em questões econômicas relacionadas ao seu posicionamento como produtor mundial de carne bovina. Analisando pela óptica sustentável, o cenário prevê reservas reduzidas de biocapacidade em alguns países produtores, e aumento contínuo no déficit em sua maioria e em especial ao Brasil, que caso desenvolva uma estratégia para se tornar o maior produtor e aproveitar as oportunidades que surjam para exportação nos países com dificuldade produtiva, terá aumento expressivo de déficit e por conseguinte, alto nível de produção não sustentável. Em contrapartida, caso adicione significativos avanços tecnológicos em sua produção, torna-se uma das produções globais mais sustentáveis, com reservas de biocapacidade.

Entre as principais dificuldades da produção bovina de corte no Brasil e no Mundo estão o cenário financeiro desfavorável para o uso de tecnológicas que promovam a produtividade, mas em vista disso, algumas ações corretivas, com o envolvimento de políticas públicas e privadas poderiam ser executadas para a correção de gargalos e redução da pressão ambiental por condições sustentáveis de produção. Além disso, a baixa adoção e difusão de tecnologias básicas tornam baixa a produtividade e de certa forma, ineficiente.

Por outro lado, o Brasil têm se diferenciado de outros grandes produtores de carne bovina devido ao seu potencial de aumento na produtividade brasileira, baixo custo de produção e clima e terras com água abundante, permitindo a cadeia produtiva brasileira oferecer ao mercado um produto que se diferencia em sabor e modelo de produção. Porém, uma vez que essa superioridade produtiva existe, ela poderá ser mantida desde que as tecnologias mais avançadas sejam adotadas e implantadas a fim de que aprimorem as atuais técnicas de produção.

Ao se referir a tecnologia, nem sempre essa tem associação com a sustentabilidade, a qual é muitas vezes aplicada de forma abstrata ou é relacionada apenas á áreas de preservação, quando na verdade, poderia ser aplicada em todos os aspectos da cadeia produtiva e de consumo da pecuária bovina de corte, possibilitando que o sentido mais amplo do termo (pilares econômico, social e ambiental) sejam aplicados de forma plena.

De acordo com os especialistas respondentes a validação dos cenários, a tendência é de ocorra uma expansão na demanda de carne bovina, especialmente em países emergentes como China, Brasil e Índia e que o consumo per capita progrida conforme os padrões históricos do Pib *per capita*, ao passo que os avanços tecnológicos avançarão conforme a demanda de carne bovina.

Com respeito aos cenários desenvolvidos, as opiniões não são unânimes. Em sua maioria, o Cenário 2 foi considerado como algo extrapolativo. Isso acontece pois a opinião dos especialistas indica um futuro promissor à avanços tecnológicos na pecuária bovina de corte. Porém, identificam em sua maioria que o Cenários 3 e 4 estão entre o exploratório e

normativo, com capacidade de ser concretizado, desde que hajam fundamentos aprofundados. Dessa forma, é de interesse tanto da agricultura e da economia dos países envolvidos a previsão de cenários, sejam eles otimistas ou pessimistas a respeito de uma atividade tão importante socialmente e economicamente.

## Referências

- ABESO. Mapa da Obesidade. <http://www.obeso.org.br>, 2015. Disponível em: < <http://www.abeso.org.br/atitude-saudavel/mapa-obesidade> >. Acesso em: 22 de agosto.
- ABIEC. Brasil tenta recuperar mercado de carne bovina na África. 2012. Disponível em: < [http://www.abiec.com.br/news\\_view.asp?id=%7BAE8E13B0-82D6-41B4-8998-D8EB5E9D7936%7D](http://www.abiec.com.br/news_view.asp?id=%7BAE8E13B0-82D6-41B4-8998-D8EB5E9D7936%7D) >. Acesso em: 10 de janeiro
- \_\_\_\_\_. Balanço da Pecuária Brasileira. 2014
- AGOSTINHO, F.; PEREIRA, L. Support area as an indicator of environmental load: Comparison between Embodied Energy, Ecological Footprint, and Emergy Accounting methods. *Ecological Indicators*, v. 24, p. 494-503, 2013.
- ALVES, S. O sistema que dá certo. *Pecuária Brasil* 2015.
- BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 0-0, 2011.
- BARROS, A. L. M.; HAUSKNECHT, J. C. O. F. V. Mudanças tecnológicas elevam produtividade. *Visão Agrícola - ESALQ-USP*, v. Nº 3, 2005.
- BEEF2LIVE. World Beef Exports: Ranking Of Countries. 2015a
- \_\_\_\_\_. World Beef Production: Ranking Of Countries. 2015b
- BEEFWORLD. Custos de produção de carne bovina no Brasil é um dos mais baixos. 2014. Disponível em: < <http://www.beefworld.com.br/noticia/custos-de-producao-de-carne-bovina-no-brasil-e-um-dos-mais-baixos> >. Acesso em: 14 de janeiro.
- BELIK, W.; MALUF, R. S. Abastecimento e segurança alimentar: os limites da liberalização. UNICAMP, Instituto de Economia, 2000.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). 2012. ISBN 2238-1988[escape}.
- BLAIR, D.; SOBAL, J. Luxus Consumption: Wasting Food Resources Through Overeating. *Agriculture and Human Values*, v. 23, n. 1, p. 63-74, 2006.
- BORUCKE, M. et al. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*, v. 24, n. 0, p. 518-533, 1// 2013.
- CARVALHO, T. B. D.; ZEN, S. D. Cadeia de pecuária de corte: perspectivas de produção e consumo no Brasil 48º Congresso Sober - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Campo Grande - MS - Brasil 2009.
- CARVALHO, E. O.; ROCHA, E. F. D. Consumo alimentar de população adulta residente em área rural da cidade de Ibatiba (ES, Brasil). *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, p. 179-185, 2011.
- CERUTTI, A. K. et al. Application of Ecological Footprint Analysis on nectarine production: methodological issues and results from a case study in Italy. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 8, p. 771-776, 2010.
- CERUTTI, A. K. et al. Evaluation of the sustainability of swine manure fertilization in orchard through Ecological Footprint Analysis: results from a case study in Italy. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 4, p. 318-324, 2011.
- CERUTTI, A. K. et al. Multifunctional Ecological Footprint Analysis for assessing eco-efficiency: a case study of fruit production systems in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*, v. 40, p. 108-117, 2013.

COOPERS, P. W. The World in 2050. Will the shift in global economic power continue. London: Price Waterhouse Coopers. Accessed July, v. 27, p. 2015, 2015.

CSR/UFGM, C. D. S. R. E. E. D. V. D. U. F. D. M. G. Cenários para a Pecuária de Corte Amazônica. 2015. Disponível em: < <http://csr.ufmg.br/pecuaria/> >. Acesso em: 28 de dezembro.

DE CHARDIN, P. T. Fenômeno Humano, O. Cultrix, 2005. ISBN 9788531601682

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, p. 243-252, 2011.

DUBÉ, L.; PARÉ, G. Rigor in information systems positivist case research: current practices, trends, and recommendations. MIS quarterly, p. 597-636, 2003.

FAO. FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture. 2013

\_\_\_\_\_. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations 2014a.

FAO; IIASA. Global Agro-Ecological Zones. 2000. Disponível em: < <http://www.fao.org/nr/gaez/en/> >. Acesso em: 29 de dezembro.

FAO; IFAD; WFP. The State of Food Insecurity in the World 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2014

GALLI, A. et al. Ecological Footprint: Implications for biodiversity. Biological Conservation, v. 173, p. 121-132, 2014.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. National Footprint Accounts 2016.

HAIR JR, J. F. et al. Fundamentos de métodos de pesquisa em administração: Porto Alegre: Bookman 2005.

HERENDEEN, R. A. Ecological footprint is a vivid indicator of indirect effects. Ecological Economics, v. 32, n. 3, p. 357-358, 3// 2000.

HODGSON, J. Grazing management. Science into practice. Longman Group UK Ltd., 1990. ISBN 0582450101.

KAIMOWITZ, D.; SMITH, J. Soybean technology and the loss of natural vegetation in Brazil and Bolivia. Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing, 2001. 195-211

KISSINGER, M.; FIX, J.; REES, W. E. Wood and non-wood pulp production: Comparative ecological footprinting on the Canadian prairies. Ecological Economics, v. 62, n. 3-4, p. 552-558, 2007.

KITZES, J.; WACKERNAGEL, M. Answers to common questions in Ecological Footprint accounting. Ecological Indicators, v. 9, n. 4, p. 812-817, 2009.

LAZARUS, E. et al. Working Guidebook to the National Footprint Accounts. Global Footprint Network. Oakland. 2014

LOPES, K. R. F. Avicultura: da pré-história à produção industrial. Mossoró: Katia Regina Freire Lopes, 2010. ISBN 9781458307583.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos da metodologia científica. In: (Ed.). Fundamentos da metodologia científica: Altas, 2010.

MEADOWS, D.; RANDERS, J.; MEADOWS, D. Limits to Growth: The 30-Year Update. Chelsea Green Publishing, 2004. ISBN 9781603581554.

MORILHAS, L. J.; SCATENA, L. S.; MACEDO, L. O. B. A Cadeia da carne bovina no Brasil e as mudanças climáticas. In: MARCOVITCH, J. O. (Ed.). Para mudar o futuro: Mitigação de gases de efeito estufa: A experiência setorial e regional no Brasil. São Paulo, v.v., 2009. p.p. 12-30.

MORILHAS, L. J.; WECHSLER, A. M. G.; KRUGLIANSKAS, I. O meio ambiente e o desenvolvimento. Revista Gerenciais. 6: 109-117 p. 2007.

MONSANTO. Um breve histórico da Agricultura. <http://www.monsanto.com>, 2015. Disponível em: < <http://www.monsanto.com/global/br/melhorar-a-agricultura/pages/um-breve-historico-da-agricultura.aspx> >. Acesso em: 19 de julho de 2015.

MÓZNER, Z. V. Sustainability and consumption structure: environmental impacts of food consumption clusters. A case study for Hungary. *International Journal of Consumer Studies*, v. 38, n. 5, p. 529-539, 2014.

ODEGARD, I. Y. R. The Future of Food? Scenarios and the Effects on Resource Use in Agriculture. 2011. 173 (Master of Science in Industrial Ecology ). Institute of Environmental Sciences, Leiden University and Delft University of Technology

ODEGARD, I. Y. R.; VAN DER VOET, E. The future of food — Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecological Economics*, v. 97, n. 0, p. 51-59, 1// 2014.

QUIRINO, T. R.; IRIAS, L. J. M.; WRIGHT, J. T. C. Impacto agroambiental: perspectivas, problemas e prioridades. Embrapa Environment, 1999. ISBN 8521201737.

REES, W.; WACKERNAGEL, M. Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 16, n. 4–6, p. 223-248, 7// 1996.

REES, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and urbanization*, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.

\_\_\_\_\_. Concept of Ecological Footprint. *Encyclopedia of biodiversity*, v. 2, p. 229-244, 2001.

RURAL CENTRO. Produção de carne bovina no Brasil: analista recomenda gestão de risco. 2012. Disponível em: < <http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/producao-de-carne-bovina-no-brasil-analista-recomenda-gestao-de-risco-56134-y=1369> >. Acesso em: 14 de janeiro.

SANDERS, R. The Pareto principle: its use and abuse. *Journal of Services Marketing*, v. 1, n. 2, p. 37-40, 1987.

SARAVIA-CORTEZ, A. M. et al. Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint. *Journal of Cleaner Production*, v. 52, p. 301-308, 2013.

SCHAEFER, F. et al. Ecological Footprint and Biocapacity: The world's ability to regenerate resources and absorb waste in a limited time period. Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg, 2006.

SHAO, L.; WU, Z.; CHEN, G. Q. Exergy based ecological footprint accounting for China. *Ecological Modelling*, v. 252, p. 83-96, 2013.

VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; GRAZI, F. Ecological Footprint Policy? Land Use as an Environmental Indicator. *Journal of Industrial Ecology*, v. 18, n. 1, p. 10-19, 2014.

WACKERNAGEL, M. et al. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961–1999: comparing the conventional approach to an ‘actual land area’ approach. *Land Use Policy*, v. 21, n. 3, p. 261-269, 2004

WACKERNAGEL, M.; YOUNT, J. D. The Ecological Footprint: an Indicator of Progress Toward Regional Sustainability. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 51, n. 1-2, p. 511-529, 1998/06/01 1998.

WHO. World Health Statistics 2014. WHO Press. 2014

\_\_\_\_\_. Fertilizer consumption (kilograms per hectare of arable land). Washington, DC.: World Bank Open Data 2014d.

\_\_\_\_\_. GDP per capita. Washington, DC.: World Bank Open Data 2014e.

\_\_\_\_\_. Life expectancy at birth. Washington, DC.: World Bank Open Data 2014f.

\_\_\_\_\_. Total Population. Washington, D.C: World Bank Open Data 2014h.

WRIGHT, J. Contribuição à técnica de análise e estruturação de modelos (ISM) para o planejamento em grupo: uma abordagem de inferência lógica. 1991. 204 (Tese (Doutorado em Administração de Empresas)). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WRIGHT, J. T. C.; SPERS, R. G. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. Estudos Avançados, v. 20, n. 56, p. 13-28, 2006.

WTO, W. T. O. World Trade Report 2010 - Trade in Natural Resources. World Trade Organization, 2010. ISBN 1813-8136.

WWF, I. WWF Living Forests Report. Gland, Switzerland. 2011

\_\_\_\_\_. Living Planet Report. 2014

\_\_\_\_\_. O que é desenvolvimento sustentável? , <http://www.wwf.org.br>, 2015. Disponível em:[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/) >. Acesso em: 23 de julho de 2015.